

Europa auf dem Weg in die Katastrophe!?

Update 04/2022

Stand: 21.04.22

Inhaltsverzeichnis

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Das europäische Stromversorgungssystem befindet sich in einem fundamentalen Umbau. Viele Schritte passieren gleichzeitig, aber oftmals nicht abgestimmt. Ein System ist jedoch mehr als die Summe seiner Einzelteile. Daher steigt mit dieser Vorgangsweise die Gefahr von Großstörungen bis hin zu einem europaweiten Ausfall. Die Folge wäre nicht nur ein großflächiger Stromausfall, sondern dieser würde in eine unfassbare Versorgungskrise führen, auf die weder die Menschen noch Unternehmen noch der Staat vorbereitet sind. Dieser Beitrag beleuchtet die umfassenden Umbrüche im Stromversorgungssystem, die möglichen Folgen eines Blackouts sowie grundlegende Vorsorgemaßnahmen.

Executive Summary

- Das **Österreichische Bundesheer** sowie die **Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge** (GfKV) erwarten **binnen der nächsten fünf Jahre** einen europaweiten Strom-, Infrastruktur- sowie Versorgungsausfall („Blackout").
- Entscheidend sind hierfür die **Entwicklungen in Deutschland**, wo bis Ende 2022 rund 20 GW gesicherte Leistung (8 GW Atom und 12 GW Kohle) vom Netz gehen sollen. Bereits im Januar 2021 mussten nach der ersten Teilabschaltung (~ 5 GW), Kraftwerke, die stillgelegt werden sollten, wieder reaktiviert und zum Teil in den Hot-Stand-by-Modus versetzt werden, um die Systemsicherheit zu gewährleisten.
- In **Deutschland** werden durch den Kraftwerksausstieg große Mengen an **systemkritischen Elementen** entfernt, ohne adäquate Ersatzelemente bereitzustellen. Die rotierenden Massen der Generatoren, die **Momentanreserve**, sind unverzichtbare Pufferelemente („Stoßdämpfer") für die Systemsicherheit.
- Der **deutsche Bundesrechnungshof** kritisiert im März 2021: *„Die Annahmen des BMWi für die Bewertung der Dimension Versorgungssicherheit am Strommarkt sind zum Teil* ***unrealistisch*** *oder durch aktuelle politische und wirtschaftliche Entwicklungen überholt. Zur Bewertung der Dimension Versorgungssicherheit am Strommarkt hat das BMWi* ***kein Szenario untersucht, in dem mehrere absehbare Risiken zusammentreffen****, die die Versorgungssicherheit gefährden können."*
- Besonders gravierend sind die fehlenden **Speicher**, ohne welche die steigende Volatilität in der Erzeugung durch die neuen Erneuerbaren nicht beherrschbar ist. Dabei müssen mehrere Zeitdimensionen, von inhärent (Momentanreserve) bis saisonal berücksichtigt werden. In Deutschland gibt es derzeit eine Speicherkapazität von rund 40 GWh (Österreich 3.300 GWh), bei einem gleichzeitigen Verbrauch von rund 1.500 GWh pro Tag!
- Im vergangenen Jahrzehnt wurden in den meisten Ländern die bisher verfügbaren **Kraftwerksüberkapazitäten signifikant reduziert**.
- Hinzu kommt, dass der **Infrastrukturumbau (Netze, Speicher, Betriebsmittel)** nicht mit der Geschwindigkeit der Abschaltungen bzw. den neuen Kraftwerksstandorten mithalten kann und um viele Jahre verzögert ist.
- Bisher funktioniert das, da Deutschland wie auch Österreich im **gesamteuropäischen Verbundsystem (ENTSO-E)** eingebunden ist. Damit kann die Systemstabilität aufrechterhalten werden. Mitgehangen bedeutet jedoch auch mitgefangen und alle gehen gemeinsam unter, sollte etwas schiefgehen.
- Der **Stromhandel soll gem. EU-Vorgabe bis 2025** massiv ausgeweitet werden. Bis 2025 müssen mindestens 70 Prozent der Grenzkuppelstellen für den Stromhandel zur Verfügung gestellt werden, was ein Vielfaches der heutigen Praxis darstellt. Dafür wurde die Infrastruktur nie ausgelegt. Was im Alltag zu einer Optimierung führt, schafft gleichzeitig eine steigende Verwundbarkeit, da sich Störungen wesentlich rascher und flächiger ausbreiten können.
- Das europäische Verbundsystem gehorcht einfachen **physikalischen Gesetzen**. Werden diese ignoriert – was derzeit in vielen Bereichen passiert – droht ein Systemkollaps mit katastrophalen Auswirkungen, da niemand weiß, wie lange es dauern könnte, bis dieses System wieder hochgefahren werden kann. Ganz abgesehen von den **unvorstellbaren Kaskadeneffekte** und **langwierigen Wiederanlaufzeiten** in vielen anderen Bereichen. Damit drohen **längerfristige und schwere Versorgungsunterbrechungen und -engpässe**, auf die unsere Just-in-Time-Gesellschaft nicht vorbereitet ist.
- **Für eine erfolgreiche Energiewende ist ein systemischer und koordinierter Systemumbau („Energiezellensystem") im gesamten Verbundsystem erforderlich.** Bisher dominieren jedoch Einzelinteressen, nationale Alleingänge und Wunschvorstellungen die Vorgangsweise, welche absehbar **in Europa in die größte Katastrophe nach dem Zweiten Weltkrieg führen!**

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Ausgangslage

Großflächige Stromausfälle, sogenannte Blackouts, treten in verschiedenen Weltregionen immer wieder auf. Europa ist bislang von einem solchen Ereignis verschont geblieben, sieht man von regionalen Ereignissen wie dem Blackout in Teilen Deutschland/Österreich/Schweiz (1976), Italien (2003) oder in der Türkei (2015) ab.[1] Alle anderen größeren Stromausfälle wie Münsterland (2005) oder Slowenien (2014) waren keine Blackouts, da es zu keinem weitreichenden Systemkollaps kam.

Definition Blackout

Daher ist eine Definition des Begriffs Blackout für die jeweilige Betrachtung essenziell, da es keine einheitliche Definition und gleichzeitig eine sehr verbreitete Verwendung des Begriffs gibt. In den Medien wird der Begriff inflationär für fast jeden Stromausfall verwendet. Bei genauerer Betrachtung stellen sich dadurch häufig völlig unterschiedliche Ereignisse dar, was für eine fundierte Auseinandersetzung meist nicht hilfreich ist.

In dieser Betrachtung wird unter einem Blackout **ein plötzlicher, überregionaler, weite Teile Europas oder zumindest mehrere Staaten umfassender und länger andauernder Strom- sowie Infrastruktur- und Versorgungsausfall** verstanden. **Eine Hilfe von außen ist nicht möglich.**[2] Daher geht es längst nicht nur um einen Stromausfall. Dieser wäre nur das Auslöseereignis für eine folgenschwere Katastrophe.

Das **europäische Verbundsystem zählt zu den größten und verlässlichsten Stromversorgungssystemen weltweit.** Dennoch mehren sich die Hinweise, dass es auch in Europa zu einem solchen Ereignis kommen könnte. Denn auch wenn die Energieversorgungsunternehmen sehr viel Aufwand betreiben, um ein solches Ereignis zu verhindern, gibt es keine hundertprozentige Sicherheit. Dies wurde bereits 2015 von den europäischen Übertragungsnetzbetreibern im Rahmen des ENTSO-E Berichtes zum Blackout in der Türkei festgehalten:

> *"A large electric power system is the most complex existing man-made machine. Although the common expectation of the public in the economically advanced countries is that the electric supply should never be interrupted**, there is, unfortunately, no collapse-free power system.**"* [ENTSO-E (2015). S. 46.]

Auch im Abschlussbericht zur bisher letzten Großstörung am 24. Juli 2021, bei der es zu einer Netzauftrennung zwischen der Iberischen Halbinsel und dem restlichen System kam,[3] wurde eindringlich festgehalten:

> *"**The incident revealed that the limits of stable system operation can be reached, even if all security evaluations are executed correctly and timely.** With the increase in distributed generation connected to the grid to achieve the de-carbonisation of the energy system, **non-compliance** with the technical requirements of the binding EU network codes **may generate uncontrollable and unmanageable breaches of the security of the electricity system.**"*[4]

Eine solche "non-compliance" war etwa auch am 17. Mai 2021 in Polen gegeben, als das weltgrößte Kohlekraftwerk mit einem Leistungsverlust von 3,6 GW vom europäischen Verbundsystem getrennt wurde.[5] In der bisherigen Planung und Sicherheitsarchitektur wäre aber nur ein gleichzeitiger Ausfall von 3 GW zulässig gewesen. Daher haben wohl auch glückliche Umstände dazu beigetragen, dass es zu keiner europäischen Großstörung gekommen ist.

Weit mehr als nur ein Stromausfall

Daher sind nicht nur die Energieversorgungsunternehmen gefordert, um sich auf ein solch mögliches Ereignis vorzubereiten, sondern die gesamte Gesellschaft. Denn ein europaweiter Strom-, Infrastruktur- sowie Versorgungsausfall („Blackout") würde nicht nur zu einem großflächigen Stromausfall, sondern auch **zu einer verheerenden und völlig unterschätzten Kettenreaktion in fast allen Kritischen Infrastrukturen (KRITIS) führen. Durch den fast zeitgleichen Ausfall der Produktion und Logis-**

---

1 Vgl. Historische Stromausfälle. https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_historischer_Stromausf%C3%A4lle. Zugriff am 20.04.2022.

2 Vgl. Wissenschaftlicher Bericht Energiezelle F. www.saurugg.net/ezf. Zugriff am 20.04.2022.

3 Vgl. https://www.saurugg.net/2021/blog/stromversorgung/bedenkliche-ereignisse-2021#2407. Zugriff am 20.04.2022.

4 https://www.entsoe.eu/news/2022/03/28/final-report-on-the-power-system-separation-of-iberia-from-continental-europe-on-24-july-2021. Zugriff am 20.04.2022.

5 Vgl. https://www.saurugg.net/2021/blog/stromversorgung/bedenkliche-ereignisse-2021/#1705. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at

tik quer über Europa würde sofort die Grundversorgung der Bevölkerung mit lebenswichtigen Gütern und Dienstleistungen unterbrochen werden.

In vielen Produktionsbereichen wäre zudem mit schwerwiegenden Schäden und langwierigen Wiederanlaufzeiten zu rechnen, wie Einzelbeispiele bei regionalen Stromausfällen immer wieder zeigen. Was im Einzelfall relativ einfach zu kompensieren ist, führt bei einem großflächigen Ausfall de facto zu einer unterschätzten exponentiellen Eskalation [vgl. CSH (2020)].

Aufgrund der generell sehr hohen Versorgungssicherheit in allen Lebensbereichen gibt es in Europa bislang weder entsprechende Erfahrungen noch adäquate Vorsorgemaßnahmen, um potenzielle Schäden reduzieren zu können. **Besonders dramatisch würde sich das auf die unvorbereitete Bevölkerung auswirken, was sich wiederum auf die Personalverfügbarkeit und damit auf die Wiederanlaufzeit der Logistik auswirken würde** [vgl. ACPP (2021)]. Ein Teufelskreis, der dann kaum mehr zu durchbrechen wäre.

Bevor im zweiten Teil die Auswirkungen eines Blackouts und die möglichen Vorsorgemaßnahmen näher betrachtet werden, wird im ersten Teil dargestellt, warum ein Blackout in Europa eine sehr reale und unterschätzte Gefahr darstellt.

Das europäische Verbundsystem im Umbruch

Das europäische Stromversorgungssystem der *Regional Group Central Europe* (ENTSO-E/RG CE) umfasst 27 Länder und reicht von Portugal bis in die Osttürkei und von Sizilien bis nach Dänemark. Seit 16. März 2022 gibt es eine Notsynchronisation mit dem Ukrainischen und Moldawischen Stromnetz.[6]

Dieses stellt eine funktionale Einheit dar, die nur als Ganzes funktioniert. Störungen in diesem System können sich grundsätzlich großräumig ausbreiten, auch wenn entsprechende Sicherheitsmechanismen implementiert sind, um dies zu verhindern. Zusätzlich gibt es eine Vernetzung zu benachbarten Netzregionen der ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity), welche insgesamt 43 Übertragungsnetzbetreiber aus 36 europäischen Ländern umfasst.

Großstörungen als Warnsignale

Am 8. Januar 2021 und am 24. Juli 2021 kam es zu zwei Großstörungen im ENTSO-E/RG CE Netz, bei denen das zentraleuropäische Netz jeweils in zwei Teilnetze aufgetrennt wurden.[7] Diese Netzauftrennungen verliefen im Vergleich zur bisher schwersten Netzauftrennung vom 4. November 2006 sehr glimpflich. Damals mussten binnen 19 Sekunden 10 Millionen Haushalte in Westeuropa vom Stromnetz getrennt werden, um einen europaweiten Kollaps zu verhindern.[8]

Am 8. Januar 2021 waren „nur" große Unternehmenskunden in Frankreich und Italien betroffen, die sich generell vertraglich für eine Notabschaltung bereit erklärt hatten und dafür bezahlt bekommen. Bei der zweiten Großstörung und Netzauftrennung am 24. Juli 2021 mussten rund 2 Millionen Kunden auf der Iberischen Halbinsel vom Stromnetz getrennt werden, um Schlimmeres zu verhindern.

Durch die sich seit 2006 laufend verbesserten Vorsorge- und Kommunikationsmaßnahmen der europäischen Übertragungsnetzbetreiber konnten die Störungen nach jeweils rund einer Stunde behoben und hervorragend beherrscht werden. Eine solche Netzzusammenschaltung ist dennoch nicht trivial und führt in der Simulation immer wieder zu Totalausfällen. Zudem gab es in der bisherigen Verbundgeschichte „nur" drei weitere Großstörungen mit Netzauftrennung: 2003, Blackout in Italien, 2006, quer durch Europa und 2015, Blackout in der Türkei.

Daher weiß niemand, ob die vorgesehenen Sicherheitsmechanismen auch beim nächsten Zwischenfall rechtzeitig und ausreichend greifen werden. Im schlimmsten Fall könnte es tatsächlich zu einem europaweiten Blackout kommen. Dafür gibt es eine Reihe von Anhaltspunkten.

---

[6] Vgl. Not-Synchronisation europäisches Stromnetz mit Netz der Ukraine erfolgt: Sichere Stromversorgung in Österreich nicht gefährdet. https://www.apg.at/de/media-center/presse/2022/03/16/netzsynchronisation. Zugriff am 20.04.22.

[7] Vgl. https://www.saurugg.net/2021/blog/stromversorgung/bedenkliche-ereignisse-2021. Zugriff am 20.04.2022.

[8] Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Stromausfall_in_Europa_im_November_2006. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at

Risikobeurteilung

Die beiden Großstörungen im Jahr 2021 könnten im Sinne von „das Unerwartete managen" [vgl. Weick et al. (20102)] als ernst zu nehmende Warnung und „schwache Signale" verstanden werden. Bisherige Risikobewertungsmethoden und Eintrittswahrscheinlichkeitsberechnungen sind aufgrund der fehlenden Evidenz bei **High Impact Low Probability (HILP)-Events** nicht anwendbar oder führen in die Irre. HILP-Ereignisse – auch gerne als Schwarze Schwäne bezeichnet [vgl. Taleb (2012), Taleb (20135)] – erfordern andere Herangehensweisen, wie etwa nach dem Konzept der Antifragilität [vgl. Taleb (2013)] oder nach den Methoden der Risikoethik [vgl. Mukerji et al. (2019)], die nicht auf die Wahrscheinlichkeit, sondern auf das potenzielle Schadenspotenzial fokussieren, um notwendige Handlungserfordernisse abzuleiten. Eine derartige Vorgangsweise fehlt bis dato jedoch in vielen Bereichen. Viele Vorsorgemaßnahmen konzentrieren sich auf die Verhinderung und beschränken sich häufig nur auf die Folgen im Stromversorgungssystem, was jedoch deutlich zu kurz greift [vgl. ITA et al. (2022)].

Auch wenn der Autor oder das Österreichische Bundesheer [vgl. BMLV (2019, 2021, 2022)] von einem **Blackout binnen der nächsten fünf Jahre** ausgehen, kann diese Aussage nicht wissenschaftlich belegt werden, da es dafür keine Evidenz gibt. In der Risikokommunikation ist es jedoch unmöglich, jemanden zur Vorsorge zu bewegen, wenn auf Basis von historischen Erfahrungen Aussagen wie „sehr unwahrscheinlich, geringe Wahrscheinlichkeit etc." getroffen werden [vgl. die Truthahn-Illusion weiter unten].

Daher ist es ethisch und moralisch vertretbar, eine derart klare Ansage zu treffen, da wie im Teil zwei dargestellt wird, ein enormes Schadenspotenzial besteht, welches mit einer entsprechenden Vorsorge deutlich reduziert werden könnte. Daher sollte in der Kommunikation alles unterlassen werden, was nur zu einer Scheinsicherheit beiträgt. Das sollte uns auch mittlerweile die Corona-Pandemie oder der Ukraine-Krieg gelehrt haben.

Steigende Ausgleichsmaßnahmen

Fakt ist, dass seit Jahren die Aufwände im europäischen Verbundsystem steigen, um die Netzstabilität aufrechterhalten zu können. Die österreichischen Engpassmanagementkosten, also jene Aufwände, um ein Blackout akut abzuwenden, sind von 1,1 Millionen Euro im Jahr 2012 auf 439 Millionen Euro im Jahr 2021 regelrecht explodiert. Statt zwei Eingriffen waren binnen weniger Jahre über 300 Eingriffe in einem Jahr erforderlich.[9] Diese Aufwände sind zwar durch die Strommarktauftrennung zwischen Deutschland und Österreich im Oktober 2018, 2019 und 2020 deutlich zurückgegangen, aber 2021 wieder förmlich explodiert.[10] Die Ursachen liegen vorwiegend in der fehlenden Systemanpassung an die sich stark geänderten Rahmenbedingungen, was etwa an der unzureichenden Stromleitungsinfrastruktur liegt.[11] Zum anderen erfordert die volatile Stromerzeugung aus Photovoltaik- und Windkraftanlagen immer mehr Ausgleichsmaßnahmen, da die erforderlichen Puffer und Speichersysteme fehlen.

Permanente Balance

Ein Punkt, der in vielen aktuellen Betrachtungen zu kurz kommt, ist, dass im Wechselstromsystem die Balance zwischen Erzeugung und Verbrauch permanent, also während 31,5 Millionen Sekunden pro Jahr, ausgeglichen sein muss, mit einer relativen geringen Toleranzgrenze. Ansonsten kollabiert das System. In den Betrachtungen zur Energiewende werden jedoch häufig nur Bilanzen übers Jahr betrachtet, die aber für die unmittelbare Systemsicherheit zweitrangig sind.

Dieser Balanceakt war bisher im großtechnischen System mit einigen Tausend steuerbaren Großkraftwerken relativ einfach möglich. Der wechselnde Verbrauch konnte gut ausgeregelt werden. Mit der Energiewende nimmt jedoch die Anzahl der kaum steuerbaren Erzeugungsanlagen deutlich zu und gleichzeitig sinkt die Verfügbarkeit von steuerbaren Kraftwerken. Statt ein paar Tausend Kraftwerke gibt es nun Millionen Anlagen, wodurch auch die Komplexität des Gesamtsystems erheblich steigt.

---

9 Vgl. https://www.apg.at/de/Energiezukunft/Redispatch. Zugriff am 20.04.2022.

10 Vgl. Engpassmanagement. https://www.saurugg.net/blackout/risiko-eines-blackouts/aktuelle-situation/#epm. Zugriff am 20.04.2022.

11 Vgl. https://www.apg.at/de/Energiezukunft/Redispatch. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Reduktion der systemkritischen Momentanreserve

Ein wesentlicher Garant für die sehr hohe Stabilität im europäischen Verbundsystem sind die Synchrongeneratoren der Großkraftwerke, welche den Strom erzeugen. Diese rotierenden Massen („Momentanreserve“)[12] stellen einen inhärent vorhandenen Energiespeicher dar, der kurzfristig auftretende Energieüberschüsse zwischenpuffern und Laststöße abfedern kann. Sie stellen eine Art „Stoßdämpfer“ dar. Die Synchrongeneratoren erzeugen auch die Frequenz des Wechselstromes, welche ausdrückt, ob ein Leistungsmangel oder ein Leistungsüberschuss im Gesamtsystem vorhanden ist. Über die Frequenz können IT-unabhängig Regeleingriffe zielgerichtet erfolgen und somit das Gesamtsystem stabil gehalten werden.

Durch die Energiewende und der damit forcierten umfangreichen Abschaltung von konventionellen Kraftwerken kommt es zu einer starken Reduktion dieser systemkritischen Elemente. Photovoltaik- (PV-) und Windkraftanlagen bringen diese zentrale Systemfunktion per se nicht mit. Bei Windkraftanlagen gibt es zwar auch rotierende Elemente, aber häufig keine direkte Koppelung, weil der Strom über Wechselrichter eingespeist wird. Dort, wo es möglich wäre, funktioniert das nur sehr kurze Zeit. Der Weiterbetrieb der Generatoren erfordert umfangreiche Umbaumaßnahmen, was in Einzelfällen bereits passiert. Ersatzlösungen mit Großbatteriespeichern und Leistungselektronik müssen erst im großen Stil implementiert werden. Aber auch sie werden die Synchrongeneratoren nie vollständig ersetzen können.

Hinzu kommt, dass in den letzten Jahren viele Betriebsmittel wie Kraftwerke oder Batteriespeicher vorwiegend auf die Erwirtschaftung einer maximalen Rendite optimiert wurden und sich daher nicht per se systemdienlich verhalten. Das Problem einer Einzelteilbetrachtung und -optimierung sowie des fehlenden Systemverständnisses, das durch die EU-Marktliberalisierung („Unbundling“) – in bester Absicht – gefördert wurde, um die alten Monopolstellungen der großen Energieversorger aufzubrechen. Eine Quick-and-Dirty-Lösung, die sich auf das Symptom konzentriert und rasch umsetzen lässt, während eine fundamentale Lösung der Ursache des Problems zu beseitigen versucht. Quick-and-Dirty-Lösung lassen sich meist schneller anwenden, verschlimmern aber langfristig das eigentliche Problem, während fundamentale Lösungen kurzfristig oft deutliche Nachteile mit sich bringen und sich erst langfristig als vorteilhaft herausstellen [vgl. Ossimitz (2006)]. Ein Problem, das sich durch die ganze Energiewende zieht.

Aber gerade Infrastrukturprojekte benötigen eine langfristige Planungssicherheit. Diese ist aber kaum mehr gegeben, da sich in kürzester Zeit die politischen Rahmenbedingungen ändern, wie auch gerade der diskutierte Gasausstieg und die Verlängerung der Laufzeit der Kohlekraftwerke zeigen. Jeder erneute Eingriff führt zu verzögerten Auswirkungen und immer weniger Bereitschaft, in Infrastruktur zu investieren. Im schlimmsten Fall wird der Staat diese Aufgabe wieder übernehmen müssen, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Die vorgeblichen Gewinne und Effizienzsteigerungen der letzten Jahre werden dann wieder in kürzester Zeit vernichtet, wofür dann die Steuerzahler erneut aufkommen müssen.

Viele Anlagen können nicht (mehr) zur Systemstabilität beitragen. Damit steigt zwangsläufig die Fragilität und Störanfälligkeit des Verbundsystems. Technisch wäre deutlich mehr möglich, als heute vorgeschrieben und umgesetzt wird. Die Gründe dafür sind vielschichtig: vom fehlenden systemischen Gesamtverständnis bis hin zur isolierten betriebswirtschaftlichen Betrachtung.

Deutschland sieht sich bei der Energiewende als großer Vorreiter. Bei näherer Betrachtung stellt sich jedoch heraus, dass zahlreiche Schritte nicht systemisch umgesetzt werden, was auch dazu führt, dass das europäische Verbundnetz zunehmend fragiler wird. Zum einen wurde fast ausschließlich auf den Ausbau von Wind- und Sonnenkraftwerken gesetzt, welche eine sehr volatile und bedingt planbare Erzeugungscharakteristik aufweisen. Die Planbarkeit ist aber in einem fragilen System, wie es das europäische Verbundsystem ist, entscheidend.[13] Bisher hat das Großsystem diese Eingriffe wegstecken können. Daher besteht in vielen Bereichen auch die Überzeugung, dass das einfach so weitergeht, was sich als großer Irrtum herausstellen könnte. Dieser Trugschluss wird auch als Truthahn-Illusion [vgl. Taleb (20135)] bezeichnet.

Truthahn-Illusion

Ein Truthahn, der Tag für Tag von seinem Besitzer gefüttert wird, nimmt aufgrund seiner täglich positiven Erfahrungen (Fütterung und Pflege) an, dass es der Besitzer nur gut mit ihm meint. Ihm fehlt die wesentlichste Information, dass diese Fürsor-

---

12 Vgl. https://www.saurugg.net/hintergrundthemen/#momentanreserve. Zugriff am 20.04.2022.

13 Vgl. Das Stromnetz – die Mutter aller fragilen Systeme. https://www.linkedin.com/posts/marco-felsberger-1b9ba477_power-grid-fragility-activity-6892397631155634176-6EbY. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



ge nur dem Zweck dient, dass er am Ende verspeist wird. Am Tag vor Thanksgiving, bei dem die Truthähne traditionell geschlachtet werden, erlebt er eine fatale Überraschung. Diese Metapher beschreibt den häufigen Umgang mit seltenen Ereignissen, die aber enorme Auswirkungen haben, High Impact Low Probability (HILP)-Ereignisse, Extremereignisse („X-Events") oder strategische Schocks [vgl. Casti (2012), Casti et al. (2017), Thurner (2020)]. Wir verwechseln dabei gerne die Abwesenheit von Beweisen mit dem Beweis der Abwesenheit von Ereignissen [vgl. Taleb (2013)].

Fehlende systemische Umsetzung

Wie so oft scheitert es nicht am Wissen oder an der verfügbaren Technik, sondern an der konkreten Umsetzung. Diese müsste bei einem Systemumbau, wie er aktuell im europäischen Verbundsystem passiert, in derselben Geschwindigkeit wie die restlichen Maßnahmen erfolgen. Das ist aber in vielen Bereichen nicht der Fall.

Der Leitungsausbau stellt in fast allen Ländern ein massives Problem dar und stößt häufig auf großen Bürgerwiderstand.[14] So war ursprünglich geplant, dass die deutschen Nord-Südverbindungen, um den Windstrom aus Norddeutschland – sofern er verfügbar ist – in die Verbraucherzonen in Süddeutschland transportieren zu können, bis zum Atomausstieg Ende 2022 fertiggestellt sein sollten. Beim aktuellen Stand ist frühestens ab 2028 mit der Fertigstellung der ersten Hauptleitung („Suedlink") zu rechnen.[15] Wie das funktionieren soll, wenn gleichzeitig am Ausstiegsplan festgehalten wird, bleibt ein Rätsel. Entweder sind die Leitungen nicht erforderlich, oder es sind erhebliche Probleme zu erwarten.

In den nächsten Monaten werden – wie bereits im vergangenen Jahr – konventionelle Kraftwerke im großen Stil abgeschaltet, ohne einen gleichwertigen Ersatz dafür zur Verfügung zu haben. Einige Kraftwerke werden daher in die Netzreserve versetzt, damit sie bei einem längerfristig absehbaren Energiemangel zusätzlich hochgefahren werden können. Bei kurzfristigen Ereignissen oder Störungen könnten diese jedoch nicht rasch genug zum Einsatz gebracht werden. Zudem werden diese Kosten wiederum in den Netzentgelten „versteckt" und an die Kunden abgewälzt.

So sollen bis Ende 2022 in Deutschland insgesamt rund 22 GW an Atom- und Kohlekraftwerksleistung mit einer Jahresstromproduktionskapazität von rund 128 TWh vom Netz gehen und rückgebaut werden.[16] Hinzu kommt, dass immer mehr Kraftwerksbetreiber frühzeitig aussteigen wollen, weil sich der Betrieb nicht mehr lohnt. Das könnte sich jedoch durch die steigenden Strompreise oder Entwicklungen wie etwa dem Krieg in der Ukraine noch ändern.

Anfang Januar 2021 mussten deutsche und im Januar 2022 französische Kohlekraftwerke wieder ans Netz gehen, die eigentlich für eine vorzeitige Abschaltung ausgewählt wurden, weil die Bedarfsdeckung gefährdet war.[17]

Denn auch der Ausbau von neuen Erzeugungsanlagen ist meist stark verzögert. So wird etwa bereits seit Jahren darauf hingewiesen, dass ohne neue Förderungen viele deutsche Windkraftanlagen betriebswirtschaftlich nicht weiterbetrieben werden können oder dass diese durch das Auslaufen von zeitlich befristeten Betriebsgenehmigungen zurückgebaut werden müssen. Eine Aufrüstung („Repowering") ist nicht an jedem Standort zweckmäßig oder möglich.[18] Die selbst gesteckten Ziele bis 2030 sind damit kaum erreichbar.

Ganz abgesehen davon, dass es nicht ausreicht, nur Windkraft- und PV-Anlagen zu installieren. Dahinter muss die gesamte Infrastruktur angepasst und ausgebaut werden, was bisher kaum thematisiert wurde.[19] [20] Ohne rotierende Masse und schnell einsetzbaren Ersatzkraftwerken, wie Gaskraftwerken, wird der Kohleausstieg nicht gelingen. Der deutsche Atomausstieg ist de facto irreversibel. Daher müssten je nach Betrachtung zwischen 23 und 43 GW Leistung aus Gaskraftwerken in Deutsch-

---

[14] Vgl. https://www.sn.at/salzburg/chronik/380-kv-urteil-entfacht-neuen-widerstand-67580512. Zugriff am 20.04.2022.

[15] Vgl. https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/stromversorgung-betreiber-transnet-stromautobahn-suedlink-erst-ende-2028-fertig/28033178.html. Zugriff am 20.04.2022.

[16] Vgl. https://www.saurugg.net/blackout/risiko-eines-blackouts/aktuelle-situation/#deutschland. Zugriff am 20.04.2022.

[17] Vgl. https://www.saurugg.net/blackout/risiko-eines-blackouts/aktuelle-situation. Zugriff am 20.04.2022.

[18] Vgl. https://www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/windkraft-abbau-windraeder-foerderung-ausgelaufen-eeg-101.html. Zugriff am 20.04.2022.

[19] Vgl. Netzbetreiber Amprion warnt: Rascher Kohleausstieg belastet die Versorgungssicherheit. https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/energiewende-netzbetreiber-amprion-warnt-rascher-kohleausstieg-belastet-die-versorgungssicherheit/27867444.html. Zugriff am 20.04.2022.

[20] Vgl. Eon-Chef warnt vor kontrollierten Stromabschaltungen. https://deutsche-wirtschafts-nachrichten.de/517630/Eon-Chef-warnt-vor-kontrollierten-Stromabschaltungen. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at





land bis 2030 dazu gebaut werden.[21] Das wäre schon für sich allein genommen, eine enorme Herausforderung. Jedoch importiert Deutschland – wie auch andere Länder – sehr viel Gas aus Russland. Durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine und den damit verbundenen Sanktionen entstand hier eine enorme Unsicherheit. Die Pläne, dieses Gas kurz- bis mittelfristige durch Lieferungen aus anderen Ländern zu ersetzen, wird wohl eine Wunschvorstellung bleiben, da dafür die Infrastruktur und auch die Kapazitäten fehlen, oder die Preise nicht bezahlbar sein werden.

Auch der angekündigte Ausbau von Atomkraftwerken in Frankreich ist vorerst nur eine Ankündigung.[22] Das Durchschnittsalter der französischen Atomreaktoren beträgt 36 Jahre.[23] Daher geht es bei einer aktuellen Bauzeit von 10 bis 15 Jahren nicht um die Erweiterung, sondern nur um den Ersatz von alten Anlagen, die bereits heute aus Sicherheitsgründen immer häufiger vom Netz genommen werden müssen, wie etwa im Winter 2022. Der bisherige Exporteur musste selbst massiv importieren.

Sollte am derzeit fixierten deutschen Kohle- und Atomausstieg bis Ende 2022 festgehalten werden, entstehen absehbar bereits in den kommenden Monaten kritische Zeitfenster, wo in Europa Flächenabschaltungen zum Schutz des Gesamtsystems nicht mehr ausgeschlossen werden können, insbesondere auch, sollte die Gaskrise anhalten oder sich sogar noch verschärfen. In Frankreich gab es für den Winter 2021/22 bereits entsprechende Vorbereitungen und Ankündigungen, die Dank des sehr milden Winters nicht aktiviert werden mussten.[24]

Bei der Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen kommt es immer wieder zu erheblichen Abweichungen, auch wenn die Wetterprognosemodelle immer besser werden. Diese Dysbalancen müssen dann kurzfristig durch andere Kraftwerke im Rahmen sogenannter Redispatch-Maßnahmen ausgeglichen werden.[25] Diese Ersatzmaßnahmen sind in der Regel recht teuer und werden von den Kunden über die Netzentgelte beglichen. Dafür werden aber rasch abrufbare Kraftwerke, wie Pumpspeicher- oder Gaskraftwerke benötig.

Der deutsche Bundesrechnungshof hat bereits im März 2021 vor einer möglichen Unterdeckung in Deutschland gewarnt [vgl. Bundesrechnungshof (2021)].

In vielen Bereichen und auch bei Entscheidungsträgern fehlt es oft an den grundlegendsten Kenntnissen, etwa nach welchen physikalischen Gesetzen das Stromversorgungssystem funktioniert oder welche Folgen eine steigende Komplexität auf die Beherrschbarkeit von Systemen hat. Häufig geht es nur um Einzelaspekte und kaum um systemische Zusammenhänge. Daher ist die Tragweite von Entscheidungen häufig nicht bewusst, oder sie wird schlichtweg ignoriert.

Es fehlt daher häufig an einer unverzichtbaren Systemanpassung, beginnend bei den fehlenden Speichern und Puffern, neuen dezentralen Strukturen bis hin zu den fehlenden Transportleitungen für einen überregionalen Austausch. Hinzu kommt, dass der Strom nicht mehr im Einbahnverkehr verteilt werden muss, sondern dass auch die Konsumenten immer häufiger zu Produzenten, sogenannten Prosumern, werden. Dadurch kommt es immer wieder zu großen Lastflüssen in die entgegengesetzte Richtung, wofür das System, die Leitungen und die Schutzeinrichtungen ursprünglich nicht ausgelegt worden sind. Das steigert die Fragilität des Systems und treibt die Stromkosten durch die erforderlichen Anpassungsmaßnahmen nach oben. Das allein wäre noch kein Problem, würde nicht jeder Akteur per Definition auf die Eigenoptimierung achten. Diese betrifft vor allem die betriebswirtschaftliche Optimierung. Hier stellt sich wieder einmal unser Entweder-oder-Denken als Hindernis heraus. Mit einem Sowohl-als-auch-Denken würden sich die Gegensätze wesentlich leichter auflösen und bewältigen lassen. Funktionale Einheiten, bestehend aus volatilen Erzeugungsanlagen, Speichern und schnell regelfähigen Einheiten würden zur Systemsicherheit beitragen und betriebswirtschaftlich optimaler zu betreiben sein und einen gesellschaftlichen Mehrwert liefern.

Auch, dass jedes Mitgliedsland des Verbundsystems mehr oder weniger eine eigene Energiewende mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Richtungen verfolgt, ist der Systemsicherheit nicht zuträglich. Es ist dabei auch nicht relevant, ob es sich in

---

[21] Vgl. Ohne Gaskraftwerke kein Kohleausstieg? https://www.tagesschau.de/wirtschaft/deutschland-braucht-neue-gaskraftwerke-101.html. Zugriff am 20.04.2022.

[22] Vgl. Macron will bis zu 14 neue Reaktoren bauen. https://www.zdf.de/nachrichten/politik/macron-atomkraftwerke-frankreich-100.html. Zugriff am 20.04.2022.

[23] Vgl. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/181801/umfrage/durchschnittsalter-von-atomreaktoren-in-ausgewaehlten-laendern-weltweit. Zugriff am 20.04.2022.

[24] Vgl. https://www.monecowatt.fr. Zugriff am 20.04.2022.

[25] Vgl. https://www.apg.at/de/Energiezukunft/Redispatch. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



99,99 Prozent der Zeit trotzdem ausgehen wird. Das Stromversorgungssystem kennt keine Toleranz, die Balance muss zu 100 Prozent der Zeit sichergestellt werden. Ansonsten kommt es zu einem Systemkollaps.

Alle wollen importieren

Aufgrund des gleichzeitigen deutschen Atom- und Kohleausstiegs nimmt die verlässlich verfügbare Kraftwerksleistung rasant ab. Dieses Problem könnte durch die Gassituation noch deutlich verschärft werden. So hat etwa der deutsche Bundesrechnungshof bereits im März 2020 vor einer Unterdeckung in den kommenden Jahren gewarnt [vgl. Bundesrechnungshof (2021)]. Die deutsche Bundesregierung möchte daher zukünftig verstärkt aus den Nachbarländern importieren, sollten Engpässe auftreten.[26] Aber auch die meisten Nachbarländer Deutschlands reduzieren ihre Kraftwerkskapazitäten und importieren zudem häufig Strom aus Deutschland, wenn die verfügbare Kraftwerksleistung knapp wird.

Auch der bisherige Hauptexporteur Frankreich gerät zunehmend unter Druck. Im Januar oder Anfang April 2022 waren so wenig Reaktoren am Netz wie noch nie um diese Zeit. Zum Glück war der Winter 2022 sehr mild, womit eine Eskalation und eine mögliche Strommangellage ausblieben.[27]

Immer wieder ist auch zu hören, dass in Europa immer irgendwo der Wind weht und man nur die Leitungsinfrastruktur entsprechend ausbauen müsse. Diese Behauptung lässt sich jedoch nicht belegen.[28] Zugleich ist aufgrund der Klimakrise mit einer Zunahme von Extremwetterlagen zu rechnen: sowohl mehr Wind wie im Januar/Februar 2022 als auch überregionale windstille Zeiten und deutlich weniger Windstromproduktion als üblich, wie im Jahr 2021 [vgl. APCC (2014)].

Daher steigt mit der stetig abnehmenden und verlässlich verfügbaren Kraftwerksleistung die Gefahr von Großstörungen bzw. Strommangellagen [vgl. Paulitz (2020)]. Die Fragilität des Systems nimmt zu.

Steigende Zentralisierung

Für einen großflächigen Leistungsaustausch fehlt die Transportinfrastruktur. Daher wird die bestehende Infrastruktur immer mehr ausgelastet und die physikalischen Grenzen ausgereizt. Fehlende Reserven können im schlimmsten Fall Störungen nicht mehr abfangen. Dieses Problem wird in den kommenden Monaten auch noch durch eine EU-Vorgabe verstärkt, indem bis 2025 dem grenzüberschreitenden Stromhandel mindestens 70 Prozent der technisch verfügbaren Kapazität über die Grenzkuppelstellen zur Verfügung gestellt werden muss.[29] Was im Alltag zu einem verbesserten Austausch und geringeren Preisen führt, kann im Stressfall – wie am 8. Januar 2021 – zu großflächigen Störungen, bis hin zu einem Blackout führen. Wenn ein System kaum über Unterstrukturen verfügt [vgl. Vester (20118)] und immer häufiger ausgelastet wird, steigen Fragilität und Störanfälligkeit [vgl. Taleb 2013; Dueck (2015)].

Der Wunsch der Politik und der Stromhändler nach einer „europäischen Kupferplatte“ ist verständlich, entbehrt jedoch jeglicher Realität und ignoriert physikalische Rahmenbedingen und Gesetze. Dies hat etwa der deutsche Bundesrechnungshof im Bericht zur „Umsetzung der Energiewende im Hinblick auf die Versorgungssicherheit“ im März 2021 festgestellt [Bundesrechnungshof (2021)]:

> *„Die Engpässe im Stromnetz werden bis zum Jahr 2025 voraussichtlich nicht beseitigt sein. (…) Der Bundesrechnungshof bleibt dabei, dass wesentliche Annahmen, auf denen die derzeitige Bewertung der Versorgungssicherheit am Strommarkt beruht, unrealistisch oder überholt sind.“*

> *„Im Übrigen sind die Annahmen des BMWi zur Versorgungssicherheit bei Elektrizität teils zu optimistisch und teils unplausibel. So hat das BMWi kein Szenario untersucht, in dem mehrere absehbare Faktoren zusammentreffen, die die Versorgungssicherheit gefährden können.“*

> *„Das vom BMWi herangezogene Gutachten enthält jedoch kein Szenario, das verschiedene absehbare Risiken für die Versorgungssicherheit miteinander kombiniert, z. B. dass sich der Netzausbau verzögert und zugleich die grenzüber-*

---

[26] Vgl. https://www.saurugg.net/2019/blog/stromversorgung/alle-wollen-importieren-nur-niemand-sagt-woher-der-strom-dann-wirklich-kommen-soll. Zugriff am 20.04.2022.

[27] Vgl. https://www.saurugg.net/blackout/risiko-eines-blackouts/aktuelle-situation/. Zugriff am 20.04.2022.

[28] Vgl. https://participons.debatpublic.fr/uploads/decidim/attachment/file/425/Contribution2-MichelGay.pdf. Zugriff am 20.04.2022.

[29] Vgl. https://www.pwc.de/de/energiewirtschaft/regulierung/eu-clean-energy-package.html. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at

schreitende Übertragungskapazität eingeschränkt ist. Auch das BMWi hat keine entsprechenden Szenarien untersucht."

„Eine Betrachtung von Szenarien, in denen mehrere absehbare Risiken gleichzeitig auftreten, hat das BMWi abgelehnt. Eine solche „Stapelung" von Risiken sei nach dem Stand der Fachdiskussion zum Monitoring der Versorgungssicherheit am Strommarkt nicht sinnvoll."

Fehlende Speicher und Puffer

Eine zentrale Herausforderung ist, dass bislang und absehbar die erforderlichen Speicher- und Puffersysteme fehlen, um die volatile Erzeugung aus erneuerbaren Quellen jederzeit ausgleichen und konventionelle Kraftwerke ersetzen zu können. Dieses Problem beschränkt sich nicht nur auf die bereits dargestellte Momentanreserve, sondern betrifft auch alle anderen Zeitbereiche, von inhärent, über Sekunden-, Minuten-, Stunden-, Tages, Wochen- und sogar Saisonspeicher.[30]

In Europa tritt auch immer wieder eine sogenannte „Dunkelflaute" auf, also ein bis zu zweiwöchiger Zeitraum, wo kaum Wind weht, noch die Sonne scheint. Auch solche Zeiträume müssen beherrscht werden, selbst, wenn sie nur selten auftreten. Dafür wäre eine fast komplette Schatteninfrastruktur erforderlich. Alternativ – wenn sich die Gesellschaft darauf einigen könnte – wären auch geplante Flächenabschaltungen durch eine Strommangelbewirtschaftung denkbar [vgl. Paulitz (2020)]. Diese würden jedoch genauso enorme Schäden verursachen, zumindest, bis sich das eingespielt hat. Etwas, was derzeit wohl kaum jemand ernsthaft ansprechen wird, da damit „die Öffentlichkeit verunsichert werden könnte". Ein Kopf in den Sand stecken hat jedoch noch nie funktioniert. Ganz im Gegenteil, wie auch die Flutkatastrophe im deutschen Ahrtal im Sommer 2021 gezeigt hat. Die Warnungen kamen viel zu spät und kosteten vielen Menschen das Leben. Ganz abgesehen von den ungeheuerlichen Schäden, wo zumindest ein Teil durch eine entsprechend frühzeitige Warnung und Evakuierung verhindert werden hätte können.

Es gibt aber auch immer wieder Einzeltage, wo kaum eine Produktion aus Erneuerbaren Energien (EE) erfolgt. Bisher konnten diese Lücken durch die noch vorhandenen konventionellen Kraftwerke gefüllt werden.

Während in Österreich zumindest theoretisch rund 3.300 GWh und in der Schweiz rund 8.800 GWh an (Pump)Speicherkapazität zur Verfügung stehen, sind es in ganz Deutschland nur rund 40 GWh, auch wenn 300 GWh der österreichischen Kapazität deutschen Unternehmen gehört. In Deutschland gibt es auch keine nennenswerten Ausbaupläne oder Möglichkeiten. Mögliche Projekte fallen zudem häufig dem Bürgerwiderstand zum Opfer.[31]

Mit den aktuellen Speicherkapazitäten könnte Deutschland nicht einmal 1 Stunde des eigenen Stromverbrauches (zwischen 60 und 80 GW) decken. Ganz abgesehen davon, dass nur rund 11 GW Engpassleistung aus (Pump-)Speicherkraftwerken zur Verfügung stehen, also gleichzeitig abgerufen werden kann. In ganz Europa stehen etwa 103 GW reine Speicherleistung, davon 47 GW als Pumpspeicherleistung zur Verfügung.[32]

Gerne werden auch die Elektromobilität oder Heimspeicher als Lösung ins Spiel gebracht. Diese können einen Beitrag leisten. Die Dimensionen werden aber häufig unterschätzt. Wenn im österreichischen Burgendland, wo sehr viel Windstrom produziert wird, heute der Wind optimal weht, werden an einem Tag rund 18 GWh an Überschussstrom produziert. Dieser kann im Burgenland mit rund 300.000 Einwohnern und ohne nennenswerte Großverbraucher nicht selbst verbraucht werden und muss daher woanders verbraucht, zwischengespeichert oder abgedreht werden. Würde man diese Energiemenge in durchschnittliche Tesla S Fahrzeugspeicher (75 kWh) zwischenspeichern wollen, würde man etwa 240.000 Tesla S benötigen, die an einem Tag aus entladenem Zustand heraus vollgeladen werden könnten. Weht der Wind am nächsten Tag nicht mehr, wie das auch häufiger vorkommt, würde man nur für die Versorgung des Burgenlandes rund 80.000 Tesla S benötigen, die dann aber vollständig entladen werden müssten. Würde man dafür Hausspeicher heranziehen, dann würde man rund die 7,5-fache Menge benötigen. Rein rechnerisch - denn in Wirklichkeit darf man solche Speicher nie vollständig entladen.

Bei der bisherigen Energiewende wurde außer Acht gelassen, dass konventionelle Kraftwerke den Speicher in der Primärenergie (Atombrennstäbe, Gas, Kohle, Öl) integriert haben. In Zukunft wird es einen steigenden und zunehmend schwieriger

---

[30] Vgl. vgl. Hein Franz. https://www.saurugg.net/energiezellensystem/die-zeit-in-der-elektrischen-energieversorgung. Zugriff am 20.04.2022.

[31] Vgl. https://www.suedkurier.de/region/hochrhein/herrischried/einen-gedenkstein-fuer-das-pumpspeicherwerk-atdorf-hat-die-bi-atdorf-gesetzt;art372599,10939259. Zugriff am 20.04.2022.

[32] Vgl. https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Events/Eninnov2016/files/kf/Session_A1/KF_Benigni.pdf. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at

zu prognostizierenden Verbrauch und gleichzeitig eine volatile Stromerzeugung geben. Zwei Dinge, die ohne einer entsprechenden Systemanpassung kaum in Einklang zu bringen sind.

Power-to-X

Für die saisonale Speicherung gilt „Power-to-X" als große Hoffnung, insbesondere die Nutzung von Wasserstoff. Grundsätzlich klingt das sehr verlockend, da mit dem Gasnetz bereits eine dafür nutzbare Infrastruktur zur Verfügung steht. Leider wird gerne verschwiegen, dass dafür noch erhebliche Herausforderungen zu bewältigen sind. Das beginnt bei den erforderlichen Infrastrukturanpassungsmaßnahmen (Rohrdichtheit), der Errichtung von entsprechend leistungsfähigen Elektrolyseuren bis hin zur fehlenden, aber zwingend erforderlichen und konstant verfügbaren Überschussenergie, um den Wasserstoff überhaupt mit vertretbaren Kosten produzieren zu können. Gleichzeitig sind mit der Einspeicherung und dann Verstromung große Umwandlungsverluste verbunden. Zusätzlich wird künftig in vielen industriellen Prozessen Wasserstoff im großen Stil benötigt, um den CO_2-Ausstoß reduzieren zu können.

Durch die Ankündigung einer großen finanziellen Förderwelle wurde eine Goldgräberstimmung ausgelöst, wo sich vielversprechenden Ankündigungen überschlagen. Es ist zu erwarten, dass auch das eine oder andere „Goldnugget" gefunden wird. Dass damit kurzfristig ein großer Durchbruch und eine breite Umsetzung möglich sein werden, ist jedoch nicht zu erwarten. Rasch umsetzbare Lösungen werden aber in naher Zukunft und nicht erst in 10 oder 20 Jahren benötigt.

Zum anderen wird wenig über die potenziellen „Nebenwirkungen" gesprochen, etwa die des Wasserdampfs, der bei der Rückverstromung im großen Stil freigesetzt würde. Genauso sind die Nebenwirkungen bei der geplanten Methanisierung zu berücksichtigen. Hier sind die Auswirkungen bereits bekannt: Methan ist deutlich klimaschädlicher als CO_2. Dieses Thema betrifft auch die Biogas-Anlagen. Daher immer wieder der systemische Grundsatz: Nur wer das Ganze kennt und versteht, versteht auch die Details und nicht umgekehrt.

Unzureichende Betrachtungen

Ganz generell gilt, dass es keine Energieform ohne Nebenwirkungen gibt. Auch für Wind- und PV-Anlagen werden viele Ressourcen benötigt, was leider meist sehr verzerrt dargestellt wird. Die Einzelanlage ist klein und überschaubar. Würde die konkrete Leistungsbilanz über ein Jahr betrachtet werden, würde die Sache ganz anders aussehen.

Durch eine falsche Betrachtungsweise werden häufig Äpfel mit Birnen verglichen, oder Durchschnittswerte herangezogen, die für die Systemsicherheit kaum von Relevanz sind. So hören sich 123 GW an installierter Wind- und PV-Leistung in Deutschland bei einem gleichzeitigen Verbrauch von 60 bis 80 GW nach sehr viel an. Wenn man aber weiß, dass bisher nur an wenigen Tagen im Jahr eine tatsächliche Leistung von über 60 GW erzeugt werden konnte, sieht die Sache gleich anders aus. Noch düsterer wird es, wenn man einzelne Ausreißer wie am 16. November 2021 herausnimmt. An diesem Tag wurden im Minimum gerade einmal 0,23 GW von Wind- und PV-Anlagen produziert. Über den ganzen Tag gerechnet, wurden bei einem Verbrauch von 1,46 TWh gerade einmal 0,05 TWh durch Wind und Sonne erzeugt. Allein für solche Tage – auch wenn sie nur sporadisch auftreten - müsste eine fast hundertprozentige Schatteninfrastruktur vorgehalten oder großflächige Abschaltungen vorgenommen werden, um einen System-Kollaps zu verhindern.

Auch der Vergleich der Kosten einer Kilowattstunde (kWh) aus Atom-, Gas-, Kohle-, PV- oder Windkraftwerken hinkt in der Regel. Hier wird der essenzielle Faktor einer verlässlichen Bereitstellung über eine definierte Anzahl von Stunden pro Jahr einfach außer Acht gelassen. Daher gibt es keinen brauchbaren und seriösen Vergleichswert, auch wenn das gerne vermittelt wird. Denn dazu müsste man auch die notwendigen Zusatzmaßnahmen, wie Speicher, mitberücksichtigen, um eine Vergleichbarkeit herzustellen. Allerdings werden auch die Umweltkosten, die durch fossile Kraftwerke verursacht werden, nicht eingerechnet.

Für die Systemsicherheit zählt nur der fix kalkulierbare Beitrag, um die permanent notwendige Balance sicherstellen zu können. Also nicht statistisch übers Jahr gerechnet, sondern planbar, verlässlich und konstant. Dazu ist weit mehr als nur eine Erzeugungsanlage erforderlich. Hier fehlt eine ehrliche und transparente Darstellung auf beiden Seiten. Fakten sehen anders aus.

Ein Windrad scheint für sich gesehen sehr ressourcenarm zu sein und es fallen auch keine Kosten bei der Primärenergie an. Werden jedoch die erforderlichen Stahl- und Betonmengen für den Sockel inklusive des damit verbundenen CO_2-Ausstoßes und die notwendige Anzahl an Anlagen, um eine vergleichsweise Energiemenge wie konventionelle Kraftwerke erzeugen zu

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at

können, zusammengerechnet und auch noch die erforderlichen Speicherressourcen sowie Speicherkosten hinzugefügt, sieht die Darstellung gleich ganz anders aus. Windkraftanlagen werden zudem häufig fern ab der Verbraucherzentren gebaut, womit auch noch eine zusätzliche Leitungsinfrastruktur erforderlich wird, welche ebenfalls gerne außer Acht gelassen wird. Nur wer das Ganze kennt und versteht, versteht auch die Details und nicht umgekehrt.

Daher bräuchte es hier eine ehrliche und sachlich fundierte Diskussion. Genauso bei der Betrachtung der Gesamtkosten von fossilen oder nuklearen Anlagen, die auch meist unter den Teppich gekehrt werden. Wenn wir eine auf breite Akzeptanz gestellte und funktionierende Energieversorgung mit der Energiewende schaffen wollen, dann braucht es eine entsprechende Transparenz. Falsche Versprechungen – wie „Die Energiewende ist nicht teurer als eine Kugel Eis“[33] – schaden diesem Ziel nur.

Eine der größten Hürden ist unser „Entweder-oder-Denkrahmen“. Für den Umgang mit Komplexität ist jedoch ein „Sowohl-als-auch-Denkrahmen“[34] erforderlich. Etwa, indem mit Erzeugungsanlagen aus Erneuerbaren Energien der CO_2-Ausstoß deutlich verringert werden kann und dass gleichzeitig auch weitere Systemelemente notwendig sind, um auch weiterhin die bisher gewohnte sehr hohe Versorgungssicherheit gewährleisten zu können.

Stromhandel

Als ob das nicht bereits genug Herausforderungen wären, kommt auch noch der Stromhandel als kritischer Akteur hinzu. Die Strommarktliberalisierung vor über 20 Jahren hat viele Vorteile gebracht, aber es gibt auch Schattenseiten, die gerne ausgeblendet werden. Im Juni 2019 brachten etwa deutsche Stromhändler das System an den Rand des Kollapses, nachdem sie eine Regulierungslücke ausgenützt haben. Trotz Abmahnung und nun in Aussicht gestellter hoher Strafen werden Lücken auch weiterhin ausgenutzt.[35]

So kam es etwa im Jahr 2020 zu 141, im Jahr 2021 zu 175 und in den ersten beiden Monaten des aktuellen Jahres zu über 55 Frequenzanomalien,[36] welche auf eine betriebswirtschaftlich optimierte Kraftwerkseinsatzplanung zurückzuführen sind.[37] Bei diesen Abweichungen wird immer wieder die Hälfte bis zu zwei Drittel der Reserve, die für ungeplante Kraftwerksausfälle vorgehalten wird, für Ausgleichsmaßnahmen missbraucht. Es ist bekannt, wie man diesen Missbrauch abstellen könnte, jedoch wurde die erforderliche Regulierung bis dato nicht umgesetzt. Sollte es zusätzlich zu Kraftwerksausfällen kommen, was beim Fahrplanwechsel wahrscheinlicher ist, könnte das einen Dominoeffekt auslösen.

Hinzu kommt, dass seit Herbst 2021 die Strompreise in Europa signifikant angestiegen sind. Während der Durchschnittspreis für eine Megawattstunde (MWh) Strom an der Strombörse in den Jahren 2015-2020 in Deutschland rund 35 Euro betrug, stieg dieser 2021 auf 94 Euro und betrug in den ersten beiden Monaten des Jahres 2022 sogar rund 155 Euro pro MWh. In Deutschland kommt es durch einen hohen volatilen Erneuerbaren-Anteil sogar zu extrem hohen Varianzen innerhalb eines Tages, aber auch während mehrerer Tage. Die Preise in den ersten beiden Monaten 2022 haben so zwischen 0 und 400 Euro variiert, mit bis zu 250 Euro Spreizung innerhalb eines Tages.[38] Das hat nicht nur enorme Auswirkungen auf die Systemstabilität und auf die Stromrechnungen der Kunden, sondern verleitet auch zum Spekulieren, da damit hohe Renditen verbunden sein können.

Der überregionale Stromhandel, wie er von der EU forciert und bis 2025 deutlich ausgeweitet werden soll, hat auch wesentlich zur Großstörung am 8. Januar 2021 beigetragen. An diesem Tag kam es um 14:04 Uhr im Umspannwerk Ernestinovo (Kroatien) zu einer Überlastung einer Sammelschienenkupplung, die sich daraufhin ordnungsgemäß zum Eigenschutz abgeschaltet hat. Dies führte zu einer Überlastung von 14 Betriebsmitteln in Südosteuropa, wodurch das europäische Verbundnetz in zwei Teile aufgetrennt wurde. Die Folge war ein durch das auftretende Leistungsungleichgewicht verursachter massi-

[33] Vgl. https://ag-w.de/energiewende/mythen/nicht-teurer-als-eine-kugel-eis/. Zugriff am 20.04.2022.
[34] Vgl. https://www.saurugg.net/hintergrundthemen/#sowohl-als-auch. Zugriff am 20.04.2022.
[35] Vgl. https://www.saurugg.net/2020/blog/stromversorgung/gier-frisst-hirn-und-kann-in-die-katastrophe-fuehren. Zugriff am 20.04.2022.
[36] Vgl. https://www.saurugg.net/blackout/risiko-eines-blackouts/aktuelle-situation/#netzfrequenz. Zugriff am 20.04.2022.
[37] Vgl. https://www.amprion.net/Netzjournal/Beitr%C3%A4ge-2021/Ph%C3%A4nomen-zur-vollen-Stunde.html. Zugriff am 20.04.2022.
[38] Vgl. https://www.saurugg.net/blackout/risiko-eines-blackouts/aktuelle-situation/#strompreise. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



ver Frequenzanstieg in Südosteuropa auf 50,60 Hertz und ein Frequenzeinbruch auf 49,74 Hertz in Nordwesteuropa. Im Südosten gab es einen Leistungsüberschuss von 6,3 GW, welcher gleichzeitig im Nordwesten fehlte.[39]

Der sehr steile Frequenzeinbruch bzw. -anstieg weist darauf hin, dass bereits zu wenig Momentanreserve vorhanden war, welche eine derart gravierende Leistungsänderung abfedern hätte müssen. Zum anderen gab es zu diesem Zeitpunkt einen hohen Stromimport von etwa 6,3 GWh in Spanien und Frankreich, was darauf hindeutet, dass der überregionale Stromhandel zur Überlastung geführt hat.

Die Sammelschienenkupplung im Umspannwerk Ernestinovo war bis dahin auch nicht als systemrelevant eingestuft worden und daher auch nicht in die laufenden Sicherheitsberechnungen eingebunden. Daher stellt sich die Frage, wie viele solch unbeobachteter Bruchstellen es noch geben könnte. Es gibt viele Modellannahmen ohne konkrete Messwerte, weil das bisher ausgereicht hat. Durch die dargestellten Herausforderungen müsste aber das Monitoring deutlich ausgeweitet werden. Besonders auf der Verteilnetzebene gibt es bisher viele weiße Flecken und gleichzeitig finden dort größte Umbrüche statt.

Dezentrale funktionale Einheiten („Energiezellen“)

In den Verteilnetzen kommen viele neue Anlagen hinzu: Millionen von Kleinstkraftwerken, E-Ladestellen, Wärmepumpen oder Klimaanlagen als Großverbraucher, wofür die Infrastruktur nie ausgelegt worden ist. Auch unzählige neue Akteure, die am Strommarkt mit antizipieren möchten, müssen integriert und vernetzt werden. Die Systemkomplexität steigt und steigt.

Das besondere Problem dabei ist, dass ein zunehmend komplexer werdendes System nicht mit der bisher erfolgreichen zentralen Struktur und Logik gesteuert werden kann. Es braucht stattdessen ein „Orchestrieren“ dieser Vielzahl von Komponenten und Akteuren, damit diese automatisch an der Gewährleistung der Versorgungssicherheit beteiligen.[40]

Ein zentraler Ansatz, wie er derzeit häufig mit „Smart Grid“ Überlegungen forciert werden soll, erhöht die zentrale Verwundbarkeit des Systems und sollte tunlichst vermieden werden.[41]

Das erfordert jedoch eine Neustrukturierung in robuste Energiezellen,[42] da die steigende Komplexität nicht anders beherrschbar sein wird. Komplexe Systeme[43] lassen sich nicht zentral steuern, sie erfordern vielmehr dezentrale autonome Einheiten,[44] wo Bedarf, Speicherung und Erzeugung möglichst lokal bzw. regional ausgeglichen werden [vgl. Vester (20118)]. Derzeit werden Probleme gerne großräumig verschoben, häufig nach dem Motto: „Aus den Augen, aus dem Sinn.“

Beim Energiezellensystem sind auch systemübergreifende Synergien (Strom, Wärme, Mobilität) zu nutzen. Es geht also um eine ganzheitliche Energieversorgung in zellularen Strukturen, wozu erst ein umfassendes Umdenken erforderlich ist. Ein solches ist bisher nur in Ansätzen erkennbar.[45]

Ein solcher Ansatz steht nicht im Widerspruch zum bisherigen Großsystem, das auch weiterhin benötigt wird, da große Industrieunternehmen oder Städte noch länger nicht anders versorgt werden können. Mit diesen dezentralen Strukturen und funktionalen Einheiten kann jedoch die Robustheit des Gesamtsystems Bottom-up und im laufenden Betrieb, ohne Unterbrechungen, erhöht werden.[46]

Zellulare Strukturen sind nicht so effizient wie das bisherige Großsystem, was aber nur so lange gilt, bis es zu einer Großstörung in Form eines Blackouts kommt. Dann würden mit einem Schlag alle bisherigen Effizienzgewinne vernichtet und unfassbare gesellschaftliche Schäden verursacht werden. Resilienz und Robustheit stehen im Widerspruch zu unserem rein betriebswirtschaftlich motivierten Effizienzdenken, wodurch gerne auf die überlebenswichtigen Redundanzen und Reserven verzichtet wird.[47]

---

[39] Vgl. https://www.saurugg.net/2021/blog/stromversorgung/bedenkliche-ereignisse-2021/#0801. Zugriff am 20.04.2022.

[40] Vgl. https://www.saurugg.net/2018/blog/stromversorgung/weckruf-orchestrieren-statt-steuern. Zugriff am 20.04.2022.

[41] Vgl. https://www.saurugg.net/energiezellensystem. Zugriff am 20.04.2022.

[42] Vgl. https://www.saurugg.net/energiezellensystem. Zugriff am 20.04.2022.

[43] Vgl. https://www.saurugg.net/hintergrundthemen/vernetzung-komplexitaet. Zugriff am 20.04.2022.

[44] Vgl. https://www.saurugg.net/hintergrundthemen/vernetzung-komplexitaet/#systemdesign. Zugriff am 20.04.2022.

[45] Vgl. https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/vde-zeigt-loesungsansatz-fuer-zellulares-energiesystem. Zugriff am 20.04.2022.

[46] Vgl. https://www.saurugg.net/2016/blog/energiezellensystem/spiders. Zugriff am 20.04.2022.

[47] Vgl. https://www.saurugg.net/hintergrundthemen/resilienz-und-anpassung. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Die zellulare Struktur lässt sich aus der Evolution ableiten, wo alles Lebendige in zellularen Strukturen organisiert ist. Das hat sich offensichtlich bewährt. Was als dezentrale Energiewende gefeiert wird, ist derzeit alles andere als dezentral. Die gesamte bisherige Energiewende funktioniert nur aufgrund des vorhandenen zentralisierten Systems mit den erforderlichen Speichern und Puffern. Auch die propagierten „Smart Grid"- und Flexibilisierungsmaßnahmen hängen von einer umfassenden zentralisierten IT-Vernetzung und damit von einer steigenden Komplexität ab. Damit ergeben sich neben der Gefahr von Cyber-Angriffen weitere kaum beachtete Nebenwirkungen, wie auch im Kapitel 25 detaillierter beleuchtet wird.

Durch die zunehmende Digitalisierung des Stromversorgungssystems steigen auch die wechselseitigen Abhängigkeiten: ohne Strom keine IT. Ohne IT-Infrastruktur, keine Stromversorgung. Experten befürchten, dass bereits heute ein möglicher Netzwiederaufbau daran scheitern könnte, weil zunehmend mehr Schutzeinrichtungen automatisiert werden und kaum nicht-digitale Rückfallebenen vorhanden sind.

Zudem entstehen immer mehr digitale Anwendungen auf dem Strom- und Flexibilitätsmarkt. Was im Alltag einen Mehrwert schafft, könnte rasch ins Gegenteil umschlagen, wie etwa der schwerwiegende Cyber-Angriff auf die größte Ölpipeline der USA im Mai 2021[48] oder auf den Tanklogistiker in Deutschland im Februar 2022[49] gezeigt haben. Zum Zeitpunkt der Bearbeitung ist noch unklar, welche Auswirkungen der Ausfall von rund 6.000 Satellitenmodems auf die damit verbundenen deutschen Windkraftanlagen haben wird.[50] Bisher sind wir wohl mit einem blauen Auge davongekommen.

Dabei muss nicht immer eine Schädigungsabsicht vorliegen. Ein außer Kontrolle geratener Cyber-Angriff – wie das etwa bei den Satellitenmodems zu sein scheint – oder auch nur eine schwerwiegende Störung, können auch rasch zu Problemen in der physischen Welt führen, primär in einem System, mit einem derart fragilen Gleichgewicht. Siehe dazu auch die Leittechnikstörung 2013 in Österreich.[51]

Hinzu kommt, dass mittlerweile nicht nur im IT-, sondern auch im klassischen Elektrotechnikbereich ein zunehmender Fachkräftemangel zu beobachten ist. Damit werden der Betrieb, die Erhaltung und auch der Umbau von Anlagen immer schwieriger.

Aber auch hier könnte ein Energiezellensystem Abhilfe schaffen, da kleinere Einheiten und Strukturen leichter beherrschbar und umzubauen sind. Auch in den Zellen wird viel IT-Unterstützung erforderlich sein, aber in einer anderen Form und Anforderung, wie in einem zentralisierten System. Zellen sind auch fehlertoleranter als zentralisierte Strukturen, wo sofort viel weitreichendere Folgen zu erwarten sind.

Alternde Infrastrukturen

Ein weiterer Aspekt der steigenden Fragilität kommt von einer an ihr Lebens- und Nutzungsende kommende Infrastruktur („Aging Infrastructures"). Die Mehrzahl der Kraftwerke und Infrastruktur ist 40 bis 50 Jahre alt, teilweise sogar älter. Damit müssten in den nächsten Jahren weitreichende Neuerungen eingeleitet werden. Das rechnet sich jedoch unter den derzeitigen rein betriebswirtschaftlichen Betrachtungen und den unsicheren Rahmenbedingungen nicht. Investitionen werden daher aufgeschoben, was die Störanfälligkeit erhöht. Wenn erst investiert wird, wenn es sich rechnet, ist es bereits zu spät.

Allein in Deutschland soll es über 1.150 Großtransformatoren geben, wovon wahrscheinlich bereits mehr als 500 Stück über 60 Jahre alt sind und eigentlich das Ende des Lebenszyklus erreicht haben. In Transformatoren finden irreversible Alterungsprozesse statt, was durch den zunehmend anspruchsvolleren Betrieb wohl beschleunigt wird. Diese müssten daher in absehbarer Zukunft ausgetauscht werden.

Die deutsche Produktionskapazität beträgt jedoch nur mehr 2 bis 4 Stück pro Jahr. Hinzu kommt, dass durch den Systemumbau viele zusätzliche und neue Anlagen benötigt werden und sich eine rasche Hochskalierung der Produktionskapazität nicht einfach über Nacht bewerkstelligen lässt.

---

[48] Vgl. https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/colonial-pipeline-cyberangriff-legt-betrieb-grosser-benzin-pipeline-in-den-usa-lahm-/27173390.html. Zugriff am 20.04.2022.

[49] Vgl. https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energieversorgung-cyberangriff-legt-oiltanking-tanklager-deutschlandweit-vollstaendig-lahm-tankwagen-beladung-ausser-betrieb/28023918.html. Zugriff am 20.04.2022.

[50] Vgl. https://www.reversemode.com/2022/03/satcom-terminals-under-attack-in-europe.html. Zugriff am 20.04.2022.

[51] Vgl. https://www.saurugg.net/blackout/risiko-eines-strom-blackouts/leittechnikstoerung. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at
Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at

Der liberalisierte Strommarkt hat in vielen Bereichen zum Abbau der Reserven und Redundanzen geführt. Das, was in anderen Infrastrukturbereichen akzeptabel sein mag, könnte bei der überlebenswichtigen Strominfrastruktur ein böses Ende haben.

Resonanzeffekte

Als weiteres und bisher kaum beachtetes Phänomen kommen mögliche Resonanzeffekte zwischen Wechselrichter und Elektronikkomponenten hinzu, die zu kaum bekannten Störungen im Verteilnetz führen. Diese Effekte werden mit den bisherigen Methoden und Einzelteilbetrachtungen kaum erkannt. Gleichzeitig nehmen die Vorfälle laufend zu und werden mit dem weiteren Ausbau deutlich ansteigen.[52]

Sollten sich die bisherigen Beobachtungen bestätigen, dass dadurch elektronische Bauteile und Isolierungen von Leitungen rascher altern, könnte das zu erheblichen Störungen im Infrastrukturbereich führen. Fachexperten weisen darauf hin, dass die heute verbauten Wechselrichter so rasch als möglich durch eine neue Generation ersetzt werden müssten, um den Schaden zu begrenzen. Doch wer soll das machen, wenn ohnehin noch alles funktioniert?

Extremwetterereignisse

Mit der voranschreitenden Klimakrise ist auch damit zu rechnen, dass in den kommenden Jahren auch in Europa wie bereits in Australien, Kalifornien oder Texas die Extremwetterereignisse zunehmen werden [vgl. APCC (2014)]. Damit können schwerwiegende Infrastrukturschäden und -ausfälle einhergehen, wie das etwa 2021 im deutschen Ahrtal regional zu beobachten war.

Extreme Trockenheit wiederum macht konventionellen Kraftwerken, die das Kühlwasser aus Gewässern entnehmen müssen, enorm zu schaffen. Gleichzeitig verringert sich die Leistungsfähigkeit von Wasserkraftwerken durch sinkende Pegelstände. Im anderen Extremfall führen Hochwasser oder Starkregenereignisse zum Problem bei der Stromerzeugung, wie etwa im Juni 2020, wo durch ein Starkregenereignis das größte polnische Kohlekraftwerk und parallel dazu weitere Erzeugungsanlagen ausgefallen sind, was zu einer kritischen Versorgungslücke führte.[53]

Auch Pumpspeicherkraftwerke können durch eine verspätete Schneeschmelze wie im Frühjahr 2021 an ihre Grenzen geraten.

Energiezellen würden von solchen Ereignissen genauso nicht verschont bleiben. Jedoch könnte damit das Risiko von großflächigen Ausfällen deutlich reduziert werden. Zellen weisen nicht per se eine höhere Versorgungssicherheit oder Robustheit auf. Sie helfen aber, den potenziellen Schaden zu verringern, was aufgrund der dargestellten Probleme immer wichtiger wird. Grenzenlose Struktur schaffen extreme Abhängigkeiten und Verwundbarkeiten.

Steigender Stromverbrauch

Durch die beabsichtige Dekarbonisierung vieler Bereiche (Mobilität, Wärme, Industrie etc.) wird es notwendig, fossile Energieträger durch Strom zu ersetzen. So führen etwa die Digitalisierung, die E-Mobilität, Wärmepumpen oder Klimaanlagen zu einem absehbaren weiteren Anstieg des Strombedarfs. Hinzu kommt, dass diese Anwendungen sehr hohe Spitzenlasten aufweisen, wofür die bisherige Infrastruktur, insbesondere die Verteilnetze, nicht ausgelegt wurden. Daher müssten massive Verstärkungen und Anpassungen erfolgen. Dies wird in absehbarer Zeit nur eingeschränkt möglich sein. Daher zeichnen sich auf der Verteilnetzebene erhebliche Problem ab, wenn gleichzeitig zu viele Einspeiser (PV) oder Lasten das Netz überlasten.

Energiebedarfssenkung

Um die Energiewende wirklich vorantreiben zu können und gleichzeitig die bestehenden Systeme nicht weiter zu gefährden, wird es nicht ohne einer fundamentalen Energiebedarfssenkung gehen. Alles, was nicht benötigt, produziert und gespeichert werden muss, trägt am raschesten zum Erreichen der Ziele bei. Hier gibt es noch ein großes Potenzial, bevor der häufig befürchtete Komfortverlust eintritt. Auch hier braucht es einen bewussteren Umgang und ein Denken über Systemgrenzen

---

[52] Vgl. http://www.fette-competence-in-energy.com. Zugriff am 20.04.2022.

[53] Vgl. https://www.next-kraftwerke.de/energie-blog/braunkohle-polen-blackout. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



hinaus, um die Synergiepotenziale bestmöglich nutzen zu können. In der Natur hat sich neben der Energie- und Ressourcenbedarfssenkung die Dezentralität sowie Fehlerfreundlichkeit/-toleranz und Diversität als wesentliches Erfolgskonzept für (über)lebensfähige komplexe Systeme herauskristallisiert [vgl. Vester (20118)].

Steigendes Blackout-Risiko

Mit dieser umfassenden, wenn auch noch langen nicht abschließenden, systemischen Betrachtung ist es hoffentlich gelungen, zu vermitteln, dass ein steigendes Blackout-Risiko auf der Hand liegt und daher nicht ignoriert werden sollte. Gleichzeitig ist zu wiederholen, dass es bei HILP-Ereignissen nicht um die Berechnung der Eintrittswahrscheinlichkeit, sondern vielmehr um den potenziellen Schaden geht, der durch ein solches Ereignis verursacht werden kann. Dieser wird nun im zweiten Teil näher betrachtet.

Zusammenfassung

In dieser nicht abschließenden Aufzählung von aktuellen Entwicklungen wurde eine Reihe von Problemen adressiert, welche die Versorgungssicherheit im europäischen Verbundsystem gefährden können. Ganz generell gilt dabei, dass es nicht am Wissen oder der erforderlichen Technik fehlt, sondern an der systemischen Umsetzung. In den meisten Fällen führen einseitige und kurzsichtige Betrachtungen zu den Problemen und die potenziellen langfristigen negativen Auswirkungen werden gerne ausgeblendet und ignoriert. Die immer stärker werdende betriebswirtschaftliche und marktorientierte Fokussierung führt dazu, dass eine immer stärker Eigenoptimierung mit fehlendem Blick auf das Ganze stattfindet. So können etwa immer weniger Anlagen zur Systemstabilität beitragen, weil das nicht mehr entsprechend vorgegeben und eingefordert wird. Ein System ist mehr als die Summe der Teile, was sträflich missachtet wird. Damit steigt zwangsläufig die Fragilität und Störanfälligkeit des Verbundsystems.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Ein Blackout und seine Folgen

Bei einer europaweiten Großstörung in Form eines Blackouts würde es durch ein massives Leistungsungleichgewicht im europäischen Verbundsystem zu einer großflächigen Abschaltung von Betriebsmitteln, wie Kraftwerken, kommen. Dies dient zum Eigenschutz vor physischen Schäden an den Anlagen. Grundsätzlich gibt es umfangreiche Sicherheitsmechanismen, um ein solches Ereignis zu verhindern. Jedoch gibt es keine hundertprozentige Sicherheit, nirgends.

Viele Sicherheitskonzepte sind auf die alte Energiewelt abgestimmt, welche mit der steigenden Komplexität und den beschriebenen Entwicklungen kaum Schritt halten können. Das betrifft insbesondere die massive Kraftwerksabschaltung in Deutschland, womit auch bei einer Netzauftrennung („System Split"), wie am 8. Januar oder 24. Juli 2021, nicht beherrschbare Systemzustände eintreten können, wenn sich etwa in einem Teilsegment zu wenig rotierende Masse befinden sollte, um die auftretenden Lastsprünge abfedern zu können [vgl. Abschnitt Momentanreserve weiter oben].

Die Einschätzung, ob so etwas wirklich möglich ist, ist unter Experten umstritten. Bis zum System Split 2006 war das völlig undenkbar. Auch eine Pandemie, die unser Leben binnen weniger Tage auf den Kopf stellen würde, war bis zum März 2020 nicht vorstellbar, genauso wenig ein konventioneller Krieg mitten in Europa. Daher sei hier an die Truthahn-Illusion erinnert.

Die wirkliche Gefahr geht daher nicht vom Stromausfall aus, sondern von den daraus resultierenden und länger andauernden Versorgungsunterbrechungen in allen Lebensbereichen, die **unsere heutige (unvorbereitete) Gesellschaft binnen weniger Tage an den Rand des Kollapses bringen könnten.** Dies auch, da aufgrund des großflächigen Ereignisses kaum mit einer Hilfe von woanders zu rechnen ist, da alle selbst betroffen sind und kaum freie Ressourcen verfügbar sein werden.

Auch ein nur wenige Stunden andauernder großflächiger – über mehrere Staaten reichender – Stromausfall hätte bereits das Potenzial, schwerste Folgeschäden in der Produktion und Logistik auszulösen, da weder die Bevölkerung noch die Unternehmen noch der Staat auf ein solches Ereignis vorbereitet sind, wie bereits 2010 in der Studie des deutschen Büros für Technikfolgenabschätzung „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen und langandauernden Ausfalls der Stromversorgung" festgehalten wurde:

> *„Aufgrund der nahezu vollständigen Durchdringung der Lebens- und Arbeitswelt mit elektrisch betriebenen Geräten würden sich die Folgen eines langandauernden und großflächigen Stromausfalls zu einer Schadenslage von besonderer Qualität summieren. Betroffen wären alle Kritischen Infrastrukturen, und ein Kollaps der gesamten Gesellschaft wäre kaum zu verhindern. Trotz dieses Gefahren- und Katastrophenpotenzials ist ein diesbezügliches gesellschaftliches Risikobewusstsein nur in Ansätzen vorhanden."* [Petermann et all. (2010). S. 4.]
>
> *„Die Folgenanalysen haben gezeigt, dass bereits nach wenigen Tagen im betroffenen Gebiet die flächendeckende und bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung mit (lebens)notwendigen Gütern und Dienstleistungen nicht mehr sicherzustellen ist."* [Petermann et all. (2010). S. 15.]

Die gesellschaftliche Verwundbarkeit hat in den vergangenen 10 Jahren durch steigende Interdependenzen (Stichwort: Digitalisierung) erheblich zugenommen. Der Vorsorgegrad ist tendenziell gesunken, insbesondere in den Organisationen, Unternehmen, aber auch beim Staat, da aus betriebswirtschaftlichen Überlegungen Rückfallebenen, Reserven und Lager gerne als „totes Kapital" eingespart wurden. Erst dadurch wurde ein mögliches Blackout zur wirklichen und unterschätzten gesellschaftlichen Bedrohung.

Strommangellage

Das, was in Expertenkreisen durchaus als wahrscheinlicher eingestuft wird, ist eine Strommangellage. Das bedeutet, dass sich bereits Tage vorher eine massive Deckungslücke abzeichnet. Zur Verhinderung eines Blackouts muss eine Strommangelbewirtschaftung in Form von vorbeugenden Abschaltungen von Verbrauchern durchgeführt werden („Brownout"). Im besten Fall betrifft das nur Großverbraucher, die sich dazu vertraglich bereit erklärt haben und dafür auch eine Abgeltung erhalten. Sollte das nicht ausreichen, könnten auch rollierende Flächenabschaltungen erforderlich werden, wie diese etwa im Winter 2021/22 im Kosovo[54] oder in der Türkei[55] durchgeführt werden mussten. In den vergangenen Jahren gab es auch in Belgien[56]

[54] Vgl. https://perspektive-online.net/2022/01/stromkrise-taeglich-stundenlange-stromausfaelle-im-kosovo/. Zugriff am 20.04.2022.

[55] Vgl. https://www.handelsblatt.com/politik/international/erdgasmangel-es-herrscht-panik-tuerkische-regierung-schaltet-der-industrie-im-land-den-strom-ab/28001710.html. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



oder Frankreich[57] entsprechende Vorbereitungen, welche aber bisher nicht ausgelöst werden mussten. Auch in der Schweiz wurden im Winter 2021/22 viele Unternehmen vor möglichen Rationierungen gewarnt.[58]

Viele europäische Unternehmen und Infrastrukturbetreiber sind jedoch bisher nicht auf eine solche Situation vorbereitet. Daher ist ähnlich wie bei einem tatsächlichen Blackout auch bei rollierende Flächenabschaltungen mit erheblichen Schäden und Störungen in anderen Infrastruktursektoren und damit in der gesamten Logistik zu rechnen. Häufig werden die vielschichtigen Wechselwirkungen und Interdependenzen unterschätzt, wie auch bereits im Rahmen der Schweizer Sicherheitsverbundübung 2014 gewarnt wurde:

> *„Nicht der Stromausfall, sondern die lang andauernde Strommangellage zeichnet sich als grösste Herausforderung im Szenario der SVU 14 ab. Ein Totalausfall gewisser kritischer Infrastrukturen ist sehr wahrscheinlich, denn weniger Strom heisst oft nicht, dass weniger geht, sondern, dass gar nichts geht. Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) steuern wichtige Systeme (Transport, Telefonie, Lagerhaltung, Zahlungsverkehr etc.). Nichts geht heute mehr ohne IKT, aber ohne Strom geht IKT nicht. In dieser Situation sind Diesel oder andere Treibstoffe als Ersatz für lokale Stromproduktion unabdingbar*
>
> *Die Aufrechterhaltung der Grundversorgung der Bevölkerung mit Gebrauchs- und Verbrauchsgütern wird sehr schnell zentral und sehr schwierig machbar. Da zudem die üblichen Kommunikationswege sehr eingeschränkt sind, ist eine langandauernde Strommangellage nicht zu unterschätzen, sondern eine Herkulesaufgabe für alle Beteiligten."*[59]

Eine länger andauernde Strommangellage könnte auch in Folge eines Blackouts auftreten, wenn dabei Kraftwerke oder Infrastrukturen beschädigt werden und für eine längere Zeit nicht mehr ausreichend Erzeugungs- und/oder Transportkapazitäten zur Verfügung stehen. In der Schweiz gilt ein solches Szenario bereits seit 2012 als wahrscheinlichstes und gleichzeitig schwerwiegendstes Risiko für die Schweiz.[60]

Folgen und Dauer eines Blackouts

Eine europäische Großstörung über mehrere Länder würde unmittelbar zu einem großflächigen Ausfall der meisten Kritischen Infrastrukturen (KRITIS) führen [vgl. Pertermann et al. (2010)]. Dies würde mit dem Telekommunikationssektor (Mobilfunk, Festnetz, Internet) beginnen, womit gemeinsam mit der Elektrizität die zwei wichtigsten Lebensadern unserer modernen Gesellschaft ausfallen würden. Damit würden so gut wie alle Versorgungsleistungen ausfallen oder nur mehr sehr eingeschränkt zur Verfügung stehen: das Finanzsystem (Bankomaten, Kassen, Geld- und Zahlungsverkehr), der Verkehr (Ampeln, Tunneln, Bahnen, Tankstellen) und damit die gesamte Versorgungslogistik (Lebensmittel, Medikamente, Güter aller Art), bis hin zu regionalen Wasserver- und Abwasserentsorgungsausfällen. Ganz abgesehen davon, würden möglicherweise tausende Menschen, in Aufzügen, Bahnen oder im Winter auf Ski-Liften festsitzen. Nicht voll mobile Bewohner von Hochhäusern würden ihre Wohnungen nicht mehr erreichen oder verlassen können.

Ein weitreichender Ausfall der Telekommunikationsinfrastrukturen, etwa durch einen Cyber-Angriff, könnte zu ähnlich weitreichenden Auswirkungen führen. Auch eine verschärfte Pandemie, wo zeitgleich deutlich mehr Menschen erkranken, würde absehbar zu massiven Versorgungsengpässen und -ausfällen führen. Unsere hochoptimierte und Effizienz-gesteigerte Just-in-Time Logistik weist kaum Reserven oder Rückfallebenen auf, um die erwartbaren weitreichenden Infrastruktur- oder Personalausfällen kompensieren zu können.

Die Fragilität der Logistikketten [vgl. CSH (2020)] konnte 2021 anhand von zahlreichen Beispielen beobachtet werden.[61] Bei einem Blackout, wo größere Teile Europas zeitgleich zum Stillstand kommen, wären die Auswirkungen um ein Vielfaches gravierender. Daher sollte auch mit einer globalen Schockwirkung sowie mit langwierigen Wiederanlaufzeiten gerechnet werden.

Ein Blackout kann in drei wesentliche Phasen eingeteilt werden, was häufig unterschätzt wird:

---

[56] Vgl. https://www.saurugg.net/?s=belgien. Zugriff am 20.04.2022.
[57] Vgl. https://www.saurugg.net/?s=frankreich. Zugriff am 20.04.2022.
[58] Vgl. https://www.ostral.ch/de. Zugriff am 20.04.2022.
[59] SVU'14 – Newsletter Juni. https://www.saurugg.net/2014/blog/newsletter/svu14-newsletter-juni. Zugriff am 20.04.2022.
[60] Vgl. https://www.saurugg.net/?s=risikobericht+schweiz. Zugriff am 20.04.2022.
[61] Vgl. https://www.saurugg.net/2021/blog/vernetzung-und-komplexitaet/lieferkettenprobleme-und-ausfaelle. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Phase 1 – totaler Strom- und Infrastrukturausfall

In Österreich wird mit einem rund 24-stündigen Stromausfall gerechnet. Teile der regionalen Stromversorgung können wahrscheinlich deutlich früher wiederhergestellt werden. In anderen Teilen kann es auch länger dauern. Ballungsräume sollen mit Priorität wieder versorgt werden.

Österreich hat durch die großen, schwarzstart- und regelfähigen Pumpspeicherkraftwerke gegenüber vielen anderen Ländern einen großen Vorteil. Dadurch wäre ein wesentlich rascherer Netzwiederaufbau als in vielen anderen Ländern möglich.

Auf europäischer Ebene wird mit etwa einer Woche Wiederherstellungszeit gerechnet, bis die Stromversorgung wieder überall stabil funktionieren wird. Die unterschiedlichen Einschätzungen, ob es doch nur Stunden, Tage oder vielleicht sogar Wochen dauern könnte, klaffen daher erheblich auseinander.

Die tatsächliche Dauer hängt auf jeden Fall wesentlich vom Auslöseereignis und der Größe des ausgefallenen Gebietes ab. Sollte ausreichend Spannung von benachbarten, nicht ausgefallenen Netzteilen herangeführt werden können, kann eine Wiederherstellung auch deutlich rascher gelingen. Wurde beim Ausfall Infrastruktur beschädigt oder sogar zuvor sabotiert, kann es auch erheblich länger dauern. Sollte beim Wiederhochfahren nicht mehr genügend Kraftwerksleistung zur Verfügung stehen, kann auch eine Strommangelbewirtschaftung erforderlich werden. Es gibt also sehr viele Unsicherheitsfaktoren.

Viele andere Infrastrukturen können und sollten jedoch erst dann wieder in Betrieb genommen werden, wenn die Stromversorgung ausreichend stabil und verlässlich funktioniert. Ansonsten kann es durch Spannungs- und Frequenzschwankungen zu weiteren Anlagen- und Infrastrukturschäden kommen. Deshalb sollte mit dem Wiederhochfahren von Infrastrukturen und Produktionsanlagen so lange wie möglich zugewartet werden, bis klar kommuniziert wurde, dass das europäische Verbundsystem wieder ausreichend stabil funktioniert und kein neuerlicher unmittelbarer Ausfall droht. Dies auch, weil es umfassende Erfahrungen beim Simulator gestützten Netzwiederaufbautraining gibt, wonach es immer wieder beim Zusammenschalten von Teilnetzen zu Komplettausfällen kommt. Ganz abgesehen davon, dass bei einem realen Netzwiederaufbau mit vielen Unsicherheiten zu rechnen ist.

In verschiedenen und kritischen Bereichen werden für einen Stromausfall Notstromaggregate vorgehalten. Doch auch hier zeigt sich häufig, dass die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit häufig überschätzt werden,[62] was sich etwa beim 31-stündigen Stromausfall in Berlin-Köpenick im Februar 2019 gezeigt hat, wo das Notstromaggregat der DRK-Klinik nach 7 Stunden Notstrombetrieb ausgefallen ist. Dadurch mussten 23 Intensivpatienten evakuiert werden.[63] Bei einem Blackout wäre das nicht möglich.

Ein häufiges Problem stellt die Treibstoffqualität von Notstromeinrichtungen dar, wie eine deutsche Untersuchung im Jahr 2014 gezeigt hat. Damals war rund 60 % des untersuchten Treibstoffes kaputt oder mangelhaft. Nur 6 % war einwandfrei.[64]

Ganz generell zeigt sich, dass ein Notstromeinsatz auch regelmäßig über einen längeren Zeitraum getestet werden sollte, um wirklich davon ausgehen zu können, dass dieser auch im Bedarfsfall reibungslos funktionieren wird.[65] Es gibt zu viele potenzielle Fehlerquellen.



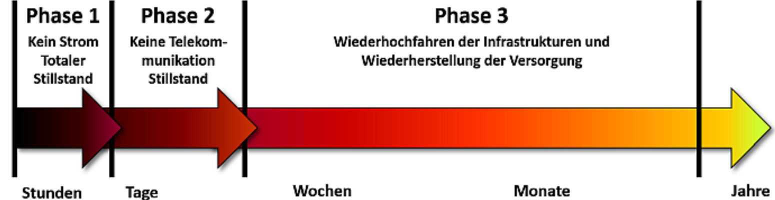


Abb. 1: Phasen eines Blackouts

62 Vgl. Was so alles schief gehen kann und geht. https://www.saurugg.net/blackout/auswirkungen-eines-blackouts/was-so-alles-schief-gehen-kann-und-geht. Zugriff am 20.04.2022.

63 Vgl. https://www.deutschlandfunkkultur.de/ein-jahr-blackout-in-berlin-koepenick-passiert-halt-100.html. Zugriff am 20.04.2022.

64 Vgl. Neue Erkenntnisse zur Lagerfähigkeit von Brennstoffen für Netzersatzanlagen. https://www.saurugg.net/2015/blog/stromversorgung/neue-erkenntnisse-zur-lagerfaehigkeit-von-brennstoffen-fuer-netzersatzanlagen. Zugriff am 20.04.2022.

65 Vgl. Blackout-Vorsorge: Der Teufel steckt im Detail. https://www.saurugg.net/2020/blog/krisenvorsorge/blackout-vorsorge-der-teufel-steckt-im-detail. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
▶ +43 660 3633896 ▶ herbert.saurugg@gfkv.at
Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
▶ www.gfkv.at ▶ kontakt@gfkv.at



Phase 2

Die meisten Vorbereitungen konzentrieren sich auch fast ausschließlich auf diese Phase des Stromausfalls, was deutlich zu kurz greift. Völlig unterschätzt wird die Phase 2, bis nach dem Stromausfall die Telekommunikationsversorgung mit Festnetz, Handy und Internet wieder weitgehend stabil funktionieren wird. Erwartbare schwerwiegende Hardwareausfälle und Störungen, sowie massive Überlastungen beim Wiederhochfahren führen dazu, dass mit einer zumindest mehrtägigen Wiederherstellungszeit zu rechnen ist.

Je länger der Stromausfall dauert, desto schwerwiegendere Schäden, vor allem in Backbone-Systemen, sind zu erwarten. In jenen Regionen, wo der Stromausfall länger als 72 Stunden dauert, ist ein Wiederhochfahren dieser Einrichtungen nur mehr schwer kalkulierbar, da bis dahin die meiste Notstromversorgung ausgefallen sein wird. Dann ist mit großen Schäden an Netzteilen, Switches, bis hin zu Serverfestplatten etc. zu rechen. Das Hauptproblem entsteht durch das Austrocknen von Elektrolytkondensatoren. Das macht sich im Betrieb größtenteils nicht bemerkbar. Fällt der Strom jedoch aus, erfolgt beim Wiedereinschalten eine Zerstörung des Bauteils, womit wichtige Kettenglieder ausfallen. Damit kann rasch ein Ersatzteilproblem auftreten und mangels Kommunikationsmöglichkeiten und einem hohen Gleichzeitigkeitsbedarf wird eine kurzfristige externe Wiederbeschaffung kaum gelingen. Derartige Ausfälle und Störungen können auch in jeder Unternehmensinfrastruktur auftreten, besonders, wenn diese grundsätzlich nie ausgeschaltet wird. Würde das regelmäßig durchgeführt werden, würden diese schadhaften Teile regelmäßig auffallen und rechtzeitig ersetzt werden können. In vielen komplexen Anlagen ist aber ein Abschalten nicht mehr möglich. Daher kumulieren hier die erwartbaren Probleme und sie werden dann möglicherweise zeitgleich schlagend. Eine fatale Entwicklung.

Ohne Telekommunikationsversorgung funktionieren weder Produktions- und Logistikketten noch die Treibstofflogistik noch die Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln oder Medikamenten. Auch die Gesundheitsversorgung (Krankenhäuser, niedergelassene Ärzte, Apotheken, Pflege, usw.) wird, wenn überhaupt, nur sehr eingeschränkt funktionieren. Krankenhäuser verfügen zwar über eine Notstromversorgung. Diese kann aber häufig nur die wichtigsten Bereiche versorgen. Zum anderen gibt es eine sehr hohe Abhängigkeit von externen Ver- und Entsorgungsleistungen, womit eine medizinische Versorgung rasch nur mehr sehr eingeschränkt möglich sein wird. Besonders kritisch kann sich die Personalverfügbarkeit auswirken [vgl. Petermann et all. (2010)].

Gleichzeitig kamen die Studie „Ernährungsvorsorge in Österreich“ [vgl. Kleb et al. (2015)] sowie vergleichbare Untersuchungen in Deutschland zum Schluss, dass sich spätestens am 4. Tag einer blackoutbedingten Versorgungsunterbrechung rund ein Drittel der Bevölkerung nicht mehr in der Lage sieht, sich ausreichend selbst versorgen zu können. Nach sieben Tagen könnte das bereits rund zwei Drittel oder rund sechs Millionen Menschen in Österreich betreffen.

Dabei sind Touristen oder Pendler, die auf jeden Fall auf externe Hilfe angewiesen sein werden, noch gar nicht berücksichtigt. Hierfür gibt es weder staatliche noch sonstige Vorkehrungen, die ein solch schwerwiegendes Ereignis auffangen könnten. Auch die Helfer und deren Familien sind unmittelbar von den Auswirkungen betroffen. Erst diese leichtsinnige Ausgangssituation führt in eine wirkliche Katastrophe.

Zwar gibt es seit jeher Empfehlungen, dass die Bevölkerung einen persönlichen Notvorrat vorhalten sollte, jedoch ist diese Praxis spätestens nach dem Ende des Kalten Krieges vor über 30 Jahren in weiten Teilen Mitteleuropas eingestellt worden. Das ist der Fluch der sehr hohen Versorgungssicherheit in allen Lebensbereichen, egal ob beim Strom, Wasser oder den Lebensmitteln und im Gesundheitsbereich: Es ist immer etwas da und wenn es ein Problem gab, war schnell jemand zu Stelle, um zu helfen. Bei einem Blackout wird das nicht funktionieren.

Daher sind Vorsorgeempfehlungen wie „Guter Rat – Notvorrat“ in der Schweiz[66], die Empfehlungen des deutschen Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)[67] oder des österreichischen Zivilschutzverbandes[68] aktueller denn je. Sie kommen nur selten bei der breiten Bevölkerung an. Die Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge (GfKV)[69] ver-

---

[66] Vgl. https://blog.alertswiss.ch/de/rubriken/vorsorge/notvorrat/. Zugriff am 20.04.2022.

[67] Vgl. https://www.bbk.bund.de/DE/Warnung-Vorsorge/warnung-vorsorge_node.html. Zugriff am 20.04.2022.

[68] Vgl. http://zivilschutzverband.at/de/aktuelles/33/Bevorratung-Checkliste. Zugriff am 20.04.2022.

[69] https://gfkv.at. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at
Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at

sucht deshalb mit der Initiative „Mach mit! Österreich wird krisenfit!“70 das Thema wieder breiter gesellschaftsfähig zu machen und aus der Nischenecke hervorzuholen.

Das Grundproblem liegt in der unzureichenden Risiko- und Sicherheitskommunikation, um der Bevölkerung die Notwendigkeit zu vermitteln. Und zwar nicht erst dann, wenn bereits eine Krise eingetreten ist, sondern bereits deutlich davor. Ansonsten kommt es leicht zu Überreaktionen, wie etwa vor dem ersten Lockdown im Jahr 2020 mit dem übertriebenen Einkauf von WC-Papier oder Kaliumjodidtabletten im März 2022. Der Gesellschaft fehlt eine generelle Krisenfitness, um mit außergewöhnlichen Ereignissen umgehen zu können. Das war über viele Jahrzehnte nicht mehr notwendig.

Die Coronapandemie und die Verwerfungen nach dem Ukrainekrieg haben das aber grundlegend geändert. Gerade der Ukrainekrieg hat wahrscheinlich eine Reihe von Folgekrisen losgetreten,[71] insbesondere auch in den Logistikketten und der Lebensmittelversorgung,[72] die uns noch Jahre beschäftigen dürften und einiges von der Bevölkerung abverlangen werden. Umso wichtiger wäre es nun, sich auf diese turbulenten Zeiten einzulassen und sich auf krisenhafte Zeiten einzustellen und zumindest minimale Vorsorgemaßnahmen zu treffen.

Phase 3

Auch wenn die Telekommunikationsversorgung wieder funktioniert, wird die Krise noch lange nicht vorbei sein. Die folgende Phase 3 wird je nach betroffenem Bereich Wochen, Monate und zum Teil sogar Jahre dauern. Etwa in der industrialisierten Landwirtschaft, wo erwartet wird, dass binnen Stunden Millionen Tiere in Europa verenden könnten.[73] [74] Länger anhaltende Versorgungsengpässe sind daher sehr wahrscheinlich, da ein Ausfall in der Produktion, die genauso die Gemüseproduktion betreffen kann, nicht einfach für viele Millionen Menschen kompensiert werden kann. Hinzu kommen die vielschichtigen, transnationalen Abhängigkeiten in der Versorgungslogistik. Einen besonderen Flaschenhals könnten etwa Verpackungsmaterialien darstellen. Stehen diese nicht zur Verfügung, weil es etwa schwerwiegende Produktionsausfälle gab, können Produkte nicht mehr wie gewohnt verpackt und in den Umlauf gebracht werden. In unserer hoch optimierten Just-in-Time-Logistik gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, warum die ganze Kette zum Ausfall kommen kann. Davor hat etwa das österreichische Complexity Science Hub (CSH) Vienna zu Beginn der Coronapandemie gewarnt. Ein Kollaps von ganzen Branchen sei möglich, wenn einzelne Kettenglieder ausfallen [vgl. CSH (2020)]. Auch der Ukrainekrieg könnte zu schwerwiegenden Verwerfungen in der Lebensmittelversorgung führen, wie ebenfalls das CSH in einer Studie warnt [vgl. CSH (2022)].

Ganz generell werden die Folgen und Wiederanlaufzeiten nach einem großflächigen und abrupten Ausfall der Stromversorgung massiv unterschätzt. Viele Vorbereitungen beschäftigen sich nur mit der unmittelbaren Vorsorge für den Stromausfall, was häufig in der Anschaffung oder Erweiterung einer Notstromversorgung mündet. Dabei ist die Phase 1, also die Zeit des Stromausfalls, noch am überschaubarsten. Viel schwerwiegender und katastrophaler werden sich die deutlich längeren Phasen des Wiederanlaufes (Phasen 2 und 3) in den anderen Infrastruktursektoren und bei der Resynchronisierung der Versorgungslogistik auswirken, was in dieser Dimension völlig unterschätzt wird, weil uns dazu die Erfahrungen fehlen.

Das betrifft die gesamte Gesellschaft. Denn auch in nicht so kritischen Bereichen oder im generellen Arbeitsleben wird ein Wiederanlauf erst möglich sein, wenn die Grundversorgung wieder gesichert ist. Die sehr hohe Versorgungssicherheit in allen Lebensbereichen, insbesondere in Mitteleuropa, wird daher zum Bumerang: Es fehlt an den erforderlichen Eigenvorsorgemaßnahmen und Rückfallebenen. Viel zu viele Menschen und Organisationen verlassen sich einfach blind auf die ständige Verfügbarkeit: eine Truthahn-Illusion

Es droht eine unfassbare Katastrophe, die in die größte Katastrophe nach dem Zweiten Weltkrieg enden könnte, wie bereits 2010 das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag festgehalten hat:

---

70 www.krisenfit.jetzt. Zugriff am 20.04.2022.

71 Vgl. https://www.saurugg.net/2022/blog/krisenvorsorge/turbulente-zeiten-erfordern-krisenfite-gemeinden. Zugriff am 20.04.2022.

72 Vgl. https://www.saurugg.net/2022/blog/krisenvorsorge/die-naechste-krise-bahnt-sich-an-lebensmittelversorgung. Zugriff am 20.04.2022.

73 Vgl. SRF-Blackout Thementag – Zusammenfassung – Landwirtschaft. https://www.saurugg.net/2017/blog/stromversorgung/srf-blackout-thementag-zusammenfassung. Zugriff am 20.04.2022.

74 Vgl. Auswirkungen eines großflächigen und langandauernden Stromausfalls auf Nutztiere in Stallhaltungen. https://www.saurugg.net/2021/blog/krisenvorsorge/auswirkungen-eines-grossflaechigen-und-langandauernden-stromausfalls-auf-nutztiere-in-stallhaltungen. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



„Spätestens am Ende der ersten Woche wäre eine Katastrophe zu erwarten, d. h. die gesundheitliche Schädigung bzw. der Tod sehr vieler Menschen sowie eine mit lokal bzw. regional verfügbaren Mitteln und personellen Kapazitäten nicht mehr zu bewältigende Problemlage." [Petermann (2010). S. 10.]

Was kann getan werden?

Kurzfristig scheint nur die Vorbereitung auf das Ereignis möglich zu sein, was auch ganz generell gilt: Verhindern, Schutz und Sicherheit sind wichtig, aber zu wenig. Es braucht ein „sowohl-als-auch-Denken": Wir sollten genauso in der Lage sein, mit unerwarteten Ereignissen [vgl. Weik (20102)] umzugehen und diese zu bewältigen. Das betrifft alle Ebenen. Beispielsweise ist die Verhinderung von Cyber-Angriffen enorm wichtig, dennoch ist ein Wiederherstellungsplan unverzichtbar, auch wenn immer gehofft wird, dass dieser nie benötigt wird. Aber Hoffnung allein ist zu wenig. Das gilt genauso beim Thema Blackout. Wir betreiben gerade die größte Infrastrukturtransformation aller Zeiten am offenen Herzen und ohne Auffangnetz. Das könnte sich als fataler Irrtum herausstellen.

Der wichtigste Schritt beginnt in den eigenen vier Wänden: Sich und die eigene Familie zumindest 14 Tage autark mittels Vorratshaltung versorgen zu können. Das betrifft zumindest zwei Liter Wasser pro Person und Tag für zumindest mehrere Tage (Phase 1 und 2). Nach dem Stromausfall kann zwar wieder gekocht, aber nicht eingekauft werden. Daher werden Lebensmittel wie Nudeln, Reis und Konserven für 14 Tage benötigt. Dasselbe gilt für wichtige Medikamente, Kleinkinder- oder Haustiernahrung. Taschenlampen, ein batteriebetriebenes Radio, Müllsäcke und sonstige wichtige Hilfsmittel, die man dann benötigen könnte. Einfach, was man auf einen zweiwöchigen Campingurlaub auch mitnehmen würde.[75]

Diese Basisvorsorge ist elementar, damit wir die Produktion und Logistik möglichst rasch wieder hochfahren können. Denn wenn sich die Menschen nicht mehr selbst versorgen können, kommen sie auch nicht in die Arbeit, um die Produktion und die Systeme wieder hochzufahren. Daher ist eine breite Eigenvorsorge in der Bevölkerung (=Personal) wesentliche Voraussetzung dafür, damit wir ein solches Szenario bewältigen können. Das betrifft insbesondere auch jene Organisationen und Unternehmen, die in einem solchen Fall einen Notbetrieb aufrechterhalten müssen, also auch die Energiewirtschaft. Zum anderen kann bei gleichzeitiger eigener Betroffenheit niemand Millionen Menschen helfen.

Inselbetriebsfähige PV-Anlagen

Was viele PV-Besitzer nicht wissen, ist, dass ihre PV-Anlage während eines Stromausfalls keinen Strom liefert, da die meisten Anlagen netzgeführt sind. Nur inselbetriebsfähige PV-Anlagen,[76] also ergänzt mit Netztrennung, hybridem Wechselrichter und Speicher, können auch bei Netzausfall eine Notversorgung in den eigenen vier Wänden aufrechterhalten. Damit könnten die Beleuchtung, Heizung und Kühlgeräte (Vorräte!) weiterbetrieben werden. Das Szenario kann damit deutlich abgemildert werden. Diese Anlagen stellen die kleinste Energiezelle dar (vgl. Abschnitt Dezentrale funktionale Einheiten („Energiezellen") weiter oben).

Gesellschaftlich noch wirkungsvoller und effizienter wäre es, so rasch als möglich regionale Energiezellen aufzubauen, wo auch während eines Netzausfalles zumindest eine Grundnotversorgung mit Wasser, Abwasser, Wärme oder Gesundheitsdienstleistungen aufrechterhalten werden könnte. Dazu fehlt es aber am notwendigen Bewusstsein und den erforderlichen Rahmenbedingungen [vgl. Dezentrale funktionale Einheiten weiter oben].

Organisatorische Maßnahmen

Auf Basis der persönlichen Vorsorgemaßnahmen können auch die notwendigen organisatorischen Maßnahmen aufsetzen. Dabei beginnt der erste Schritt mit der Sensibilisierung des eigenen Personals, um die Eigenvorsorge anzustoßen. Zum anderen sind umfassende Überlegungen notwendig, wie im Fall eines Blackouts die erforderliche Kommunikation sichergestellt werden kann. Häufig nur durch Offline-Pläne, also vorbereitete Absprachen, die in den Köpfen der Mitarbeiter verfügbar sein

---

[75] Vgl. https://www.saurugg.net/leitfaden oder https://blog.alertswiss.ch/de/rubriken/vorsorge/notvorrat (Schweiz) oder https://www.bbk.bund.de/DE/Warnung-Vorsorge/warnung-vorsorge_node.html (Deutschland) oder http://zivilschutzverband.at/de/aktuelles/33/Bevorratung-Checkliste (Österreich). Zugriff am 20.04.2022.

[76] Vgl. https://www.saurugg.net/blackout/vorbereitungen-auf-ein-blackout/notstromversorgung/#ipv. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



müssen. Das Schlüsselpersonal muss wissen, was zu tun ist, wenn niemand mehr erreicht werden kann und wie die Ablöse und Versorgung funktionieren, wenn ein Notbetrieb weiterlaufen muss.

Eine Alarmierung, wie sie sonst üblich ist, wird in der Regel nicht funktionieren, da die Telekommunikationssysteme Großteils binnen weniger Minuten nach dem Stromausfall ausfallen werden. Bei der Mitarbeiterverfügbarkeit sind besonders die persönlichen Umstände, wie die räumliche Entfernung zum Arbeitsplatz oder sonstige Verpflichtungen, wie betreuungsbedürftige Personen, Funktionen in Gemeindekrisenstäben oder Einsatzorganisationen zu berücksichtigen. Ferner ist zu erheben, wie lange die vorhandenen Ressourcen, etwa der Treibstoff für Notstromeinrichtungen oder Lebensmittel für einen Notbetrieb reichen, da mit einer Versorgung von außerhalb kaum zu rechnen ist, wenn nicht entsprechende Vorbereitungen getroffen wurden. Das geht dann bis hin zu Wiederanlaufplänen, wo zu überlegen ist, welche Voraussetzungen erforderlich sind, um überhaupt wieder in einen geordneten Betrieb übergehen zu können.

Zusammenfassung

Ein großflächiger Stromausfall ist für viele Menschen nicht vorstellbar, weil es ein solches Ereignis noch nie gab. Gleichzeitig gibt es keine hundertprozentige Sicherheit, schon gar nicht, wenn solche fundamentale und häufig nicht systemische Umbauten im laufenden Betrieb erfolgen, wie sie im ersten Abschnitt dargestellt wurden. Eine moderne Gesellschaft sollte daher auch in der Lage sein, die Frage, was wäre, wenn, beantworten zu können. Bisher verlassen sich sehr viele Entscheidungsträger und auch die Bevölkerung auf dem Prinzip Hoffnung. Dieses ist wichtig, um nicht in einen Fatalismus zu verfallen. Aber wenn es das Einzige ist, was man einem möglichen Ereignis entgegenstellen kann, dann wird das nicht ausreichen.

Die Gründe sind sehr vielschichtig. Einerseits fehlt uns die notwendige Fehlerkultur, um offen und transparent mit Problemen umzugehen. Zum anderen wird die politische Debatte rund um die notwendige Energiewende häufig ideologisch und mit Scheuklappen sowie mit wenig technischem Verständnis geführt. Von Fachseite fehlt häufig der Widerspruch. Egal, ob durch organisatorische Abhängigkeiten oder etwa, weil man sich nicht als „Ewiggestriger“ abstempeln lassen möchte.

Auch in der Krisenvorsorge sind ähnliche Phänomene zu beobachten. Die fehlende Vorsorge wird meist nur hinter vorgehaltener Hand eingestanden. Damit existieren zwischen der offiziellen Darstellung und der tatsächlichen Realität häufig große Lücken. Obwohl überall ähnlich agiert wird, besteht trotzdem vielfach die Annahme, dass es in anderen Bereichen besser sein müsste und dass dort sicher alle notwendigen Vorbereitungen getroffen wurden. Somit verlassen sich viele unbegründet auf andere. Ein Großteil der Bevölkerung geht von der unrealistischen Annahme aus, dass sie in einem solchen Fall schon vom Staat versorgt werden wird.[77]

Ein mögliches bzw. sogar sehr realistisches Blackout würde daher unsere hohe technik- und stromabhängige Gesellschaft binnen kürzester Zeit auf den Kopf stellen. Während in der Coronapandemie noch immer eine gewisse Vorlaufzeit gegeben war und alle Infrastrukturleistungen aufrechterhalten und damit auch noch kurzfristig Dinge organisiert werden konnten, kommt es bei einem Blackout von einem Augenblick auf den anderen zum kompletten Stillstand. Ein zeitnahes totales Chaos kann nur durch eine entsprechende individuelle und organisatorische Vorbereitung abgemildert werden.

Hierzu sind häufig nur überschaubare Aufwände erforderlich: eine Eigenvorsorge für zumindest 14 Tage und entsprechende organisatorische Ablaufpläne, die auch weitgehend ohne technische Kommunikationsmittel funktionieren. Damit kann schon sehr viel Schaden abgewendet werden. Wissen allein reicht jedoch nicht. Wir müssen es auch tun.

Der Autor stellt die umfangreichste Wissenssammlung zum Thema Blackout und Blackout-Vorsorge im deutschsprachigen Raum unter www.saurugg.net zur Verfügung. Hier finden sich etwa zahlreiche weiterführende Hilfestellungen und Leitfäden für die individuelle als auch organisatorische Vorsorge, die laufend erweitert werden.

---

[77] Vgl. Krisenvorsorge: Die österreichische Bevölkerung setzt auf den Staat, weniger auf Eigenvorsorge. https://viecer.univie.ac.at/corona-blog/corona-blog-beitraege/blog114. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at

Hintergrundthema Vernetzung und Komplexität

Die Digitalisierung macht auch vor der Energie- und damit Stromversorgung nicht halt, wenngleich noch viele Betriebsmittel auf Basis von einfachen analogen und physikalischen Grundlagen betrieben werden. Gleichzeitig wäre bereits seit Jahren kein sicherer Netzbetrieb mehr ohne die laufenden Sicherheitsberechnungen und Simulation mit Hilfe von leistungsstarken IT-Systemen möglich. Allein der österreichische Übertragungsnetzbetreiber Austrian Power Grid (APG) führt täglich rund 300 Simulationen durch, um rechtzeitig mögliche kritische Engpässe erkennen und gegensteuern zu können. Zusätzlich gibt es überregionale Rechenzentren, wo laufend umfangreiche Sicherheitsberechnungen durch Regional Security Coordinators (RSCs) durchgeführt werden.[78] Hinzu kommt, dass der zunehmend komplexer werdende Strommarkt ohne umfassende Vernetzung und Digitalisierung nicht möglich wäre.

Die Digitalisierung ermöglicht einen effizienteren und optimierten Einsatz von Betriebsmitteln, was zur Ressourcenschonung beiträgt, aber auch dazu verleitet, die Betriebsmittel immer mehr auszureizen und an Grenzen zu gehen. In der Vergangenheit wurden hohe Sicherheitsaufschläge einkalkuliert und gebaut, um auch möglichst lange die erwartbaren zukünftigen Ansprüche abdecken zu können. Unter den heutigen engen betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingen ist das häufig nicht mehr möglich. Zusätzlich wurde lange auf die zuvor aufgebauten Reserven zurückgegriffen, sodass der Handlungsspielraum zunehmend kleiner wird.

Die Digitalisierung ermöglicht auf jeden Fall neue Handlungsfelder, insbesondere wo es um die Abrechnung und Optimierung geht, wie etwa beim angedachten Einsatz von Blockchains im Bereich von Energiegemeinschaften. Auch virtuelle Kraftwerke und Flexibilitätsmärkte lassen sich mit Hilfe der Digitalisierung kreieren. Den Ideen sind fast keine Grenzen gesetzt. Ob sie auch zur Systemsicherheit und Stabilität beitragen, wird sich erst in Zukunft zeigen. Zunächst einmal ist Skepsis angebracht, auch wenn eine sowohl-als-auch-Betrachtung gefragt ist.[79] Nicht nur die möglichen Chancen, sondern auch die erwartbaren Risiken und Schattenseiten sollten rechtzeitig betrachtet werden. Da die möglichen Chancen meist umfangreich dargestellt werden, sollen in diesem Kapitel die potenziellen Schattenseiten der Digitalisierung etwas näher beleuchtet werden, um rechtzeitig daraus lernen und sich anpassen zu können.

Die technische Vernetzung führt nicht nur zu den bekannten Vorteilen, sondern auch zu Entwicklungen, die uns bisher häufig wenig vertraut sind. So steigen etwa durch verstärkte Rückkopplungsmöglichkeiten in vernetzten Systemen die Komplexität und Dynamik. Komplexe Systeme weisen eine Reihe von Eigenschaften auf, die wir von unseren bisherigen technischen Lösungen in dieser Form kaum kennen [vgl. Ossimitz (2006), Dörner (2010), Vester (2011), Thurner (2020)].

Kennzeichen komplexer Systeme

So kommt es etwa zu nicht-linearen Ursache-Wirkungsbeziehungen, womit eine Risikobeurteilung aufgrund fehlender Kausalketten immer schwieriger wird. Wir sind von unseren bisherigen analogen Systemen („Maschinen") gewohnt, dass diese berechenbar und damit beherrschbar sind. Auch wenn einzelne Maschinen tausende Bestandteile haben können und für die meisten Menschen völlig undurchsichtig funktionieren, folgen sie immer der gleichen Logik. Sie sind daher kompliziert: Sie können in ihre Einzelteile zerlegt, analysiert und wieder zusammengebaut werden. Wenn alles richtig gemacht wurde, funktionieren sie anschließend wie zuvor. Das ist bei komplexen Systemen nicht der Fall: Werden diese in Einzelteile zerlegt, dann lässt sich ihre ursprüngliche Funktion nicht wiederherstellen, weil mit der Trennung Zusammenhänge irreversible zerstört werden [vgl. Lotter (2020)].

Lebewesen sind ein Beispiel dafür, auch wenn die Medizin heute viel zustande bringt. Der ursprüngliche Zustand kann aber nicht wiederhergestellt werden. Ganz generell gilt als Anhalt: Systeme sind kompliziert, wenn man für sie ein Handbuch verfassen kann und eine Anleitung replizierbar ist. Komplexe Systeme sind hingegen „Black-Boxes", wo die genauen Abläufe nicht vollständig verstanden werden oder nicht replizierbar sind. Dabei treten auch Mischformen auf, was wiederum zu einer Fehleinschätzung führen kann. Software kann einen komplizierten Ablauf folgen, jedoch durch eine nicht vorgesehene oder vorhergesehene Benutzerinteraktion zu einem völlig unerwarteten Ergebnis führen. Genau das schafft auch beim Einsatz von

---

[78] Vgl. TSCNET Services GmbH. https://www.tscnet.eu. Zugriff am 20.04.2022.

[79] Vgl. Sowohl-als-auch. https://www.saurugg.net/hintergrundthemen/#sowohl-als-auch. Zugriff am 20.04.2022.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at

„künstlicher Intelligenz“ enorme Herausforderungen, wenn es sich nicht nur mehr um ein einfaches maschinelles Lernen handelt, da die Ergebnisse nicht mehr rückführbar sind, was auch als „Emergenz“ bezeichnet wird.

Die Kombination von unterschiedlichen Dingen kann in völlig neuen Möglichkeiten resultieren. Dies kann auch zu neuen Verwundbarkeiten führen, wie sie etwa bei Cyber-Angriffen ausgenutzt werden. Man kann grundsätzlich nicht von den Einzeleigenschaften auf die Eigenschaften des Neuen schließen und auch nicht umgekehrt. So sind etwa Sauerstoff und Wasserstoff brennbare Gase. In der Kombination H_2O oder Wasser tritt aber eine genau gegenteilige Wirkung auf. Daher ist auch bei der steigenden Vernetzung oder dem Einsatz von „künstlicher Intelligenz“ mit nichtvorhersehbaren Wirkungen und Ergebnissen zu rechnen. Im positiven Fall ergeben sich neue Produkte oder Lösungen, wie das etwa auch bei der Nanotechnologie zu beobachten ist. Neue Kleinststrukturen verändern die bisher bekannten Materialeigenschaften. Das kann zwar zu völlig neuen Anwendungen führen, im schlimmsten Fall aber auch ein neues „Asbest“ entstehen lassen. Das galt so lange als Wundermittel, bis man auch die schädlichen Nebenwirkungen bemerkte. Bereits zu spät. Noch heute müssen unter enormen Aufwänden Sanierungen durchgeführt werden. Ob das auch bei Nanopartikel gelingen wird, darf bezweifelt werden. Daher ist heute eine frühzeitige Folgenabschätzung umso wichtiger. Gleichzeitig wird diese aber in immer stärker vernetzten Systemen immer schwieriger bis unmöglich.

Damit steigt auch die Ambivalenz, also Widersprüchlichkeit und Mehrdeutigkeit, mit der wir häufig schlecht umgehen können, da wir durch ein lineares, einfaches Ursache-Wirkungs-Denken geprägt sind. Das betrifft auch viele Ingenieure. Aber auch in anderen Bereichen fehlen Generalisten, die das gesamte System überblicken und vor allem Zusammenhänge aufspüren [vgl. Lotter (2020)]. Wir kennen das aus dem Alltag, wo viele Strukturen noch nach altbewährten Logiken organisiert sind: „Silodenken“, Abteilungen, Institute, Disziplinen etc. Diese Aufsplittung von Zusammenhängen schafft Doppelgleisigkeiten und zunehmend mehr Probleme auch in der Arbeitswelt. Oder umgekehrt, durch vernetztes Denken in Zusammenhängen können Unternehmen produktiver und effektiver werden und innere Widerstände reduzieren. Dazu benötigt es jedoch einen neuen Denkrahmen, der jedoch kaum ausgebildet wird. Unser Bildungssystem ist noch auf die alte industrielle Arbeitswelt fokussiert und wird den Anforderungen der Netzwerkgesellschaft kaum noch gerecht [vgl. Saurugg (2012)].

In komplexen Systemen kommt es vielfach zu zeitverzögerten Wirkungen. Damit können völlig unerwartete Ergebnisse entstehen, wie das etwa beim Super-GAU in Tschernobyl passiert ist [vgl. Dörner (2010)]. Auch bei Kraftwerksstilllegungen tritt der Effekt gewöhnlich nicht sofort auf. Die Dinge kumulieren weitgehend unbemerkt und scheinbar aus dem Nichts kommt es zu einem Phasenübergang, wo im schlimmsten Fall ein System zu kollabieren beginnt [vgl. Bardi (2017), Servigne at all. (2020), Thurner (2020)].

Die Coronapandemie oder der Krieg in der Ukraine haben zu schwerwiegenden Störungen in unserer zunehmend komplexer werdenden Welt und Wirtschaft ausgelöst, deren Folgen noch lange nicht absehbar sind und welche noch für heftige Turbulenzen sorgen werden [vgl. Meadows (2010)]. Die ersten Auswirkungen sind besonders in den globalen Lieferketten zu beobachten, wo immer mehr Peitscheneffekte, also Schwingungen und damit Dysfunktionen zu beobachten sind.

Kleine Ursachen können zu enormen Auswirkungen führen, was auch als „Schmetterlingseffekt“ bekannt ist. Siehe etwa die Coronapandemie, wo ein Virus binnen weniger Wochen die gesamte Welt auf den Kopf gestellt hat. Der Ausfall eines Steuerrechners in einer Nebenanlage eines großen Produktionsbetriebes führte zu einem Kaskadeneffekt, der in einem mehrtägigen Betriebsstillstand endete. Aus dem ursprünglichen Schaden in der Höhe von rund 2.000 Euro entstand ein Folgeschaden von 50 Millionen Euro. Kein Einzelfall. Auch kurze Stromausfälle führen in der Produktion immer häufiger zu 2- bis 3-stelligen Millionenschäden, weil man nicht darauf vorbereitet war, oder Dinge anders gelaufen sind, als erwartet. Darüber wird selten offen gesprochen, da damit möglicherweise auch Versäumnisse eingestanden werden müssten. Diese potenziellen Schäden kumulieren damit im Verborgenen, weil andere nicht daraus lernen können. Bei einem großflächigen Stromausfall („Blackout“) ist daher mit einem „Flächenbrand“ zu erwarten, wo mit vielen schweren und gleichzeitigen Schäden zu rechnen ist, was zu massiven Schwierigkeiten beim Wiederanlauf führen dürfte. Diese Folgewirkungen werden häufig bei der Blackout-Betrachtung unterschätzt. Ein sogenanntes Sicherheits- oder Verletzlichkeitsparadox: Je sicherer etwas scheint, desto verwundbarer ist es gegenüber großen Störungen, da mit der Zeit auch die erforderlichen Handlungskompetenzen zur Bewältigung von Störungen abnehmen. Ein berühmtes Beispiel ist die RMS Titanic („Titanic-Phänomen“). Demnach soll der Kapitän Edward John Smith von der Jungfernfahrt noch gesagt haben: „Ich kann mir keine Situation vorstellen, die dieses ein Schiff



zum Sinken bringen könnte. Ich halte es für unmöglich, dass dieses Schiff ernsthaft beschädigt werden könnte. Dazu ist der moderne Schiffsbau schon zu weit fortgeschritten.“[80]

Andere Erfahrungen machten etwa Förster in amerikanischen Nationalparks. Eine Zeitlang wurde jedes kleine Feuer sofort gelöscht und verhindert. Das führte dazu, dass sich immer mehr totes (brennbares) Material anhäufte. Kam es nun zu einem Brand, weitete sich dieser rasch zu einem nicht mehr beherrschbaren Großbrand aus. Kleine Bereinigungen stärken daher Systeme und mindern die Fragilität. Wird das verhindert, zögert sich nur der Zeitpunkt des Eintritts hinaus und die potenziellen Auswirkungen kumulieren. Diese Beobachtungen können nicht nur in der Natur getätigt werden [vgl. Taleb (2013)].

Auswirkungen von Entscheidungen sind häufig irreversibel. Ein abgeschaltetes und rückgebautes Kraftwerk ist für immer verloren. Eingemottete Kraftwerke können nur mit großem Aufwand erhalten und wieder reaktiviert werden. Das betrifft genauso viele Digitalisierungsmaßnahmen. Wurde einmal eine Systementscheidung getroffen, ist es kaum mehr mit vertretbarem Aufwand möglich, diese zu ändern oder rückgängig zu machen. Das betrifft etwa Produktanbieter. Daher sollte bei Beschaffungen grundsätzlich auf eine gewisse Offenheit („Interoperabilität) gegenüber anderen Lösungen geachtet werden, um sich nicht in eine einseitige Abhängigkeit zu begeben. Bestehende Alt- oder Legacy-Systeme oder „gewachsene Strukturen“ verhindern oftmals einen Umstieg oder eine Weiterentwicklung.

Durch die Vernetzungen und den damit möglichen Rückkoppelungen kommt es auch zu exponentiellen Entwicklungen, welche die Dynamik weiter antreiben. Durch die Coronapandemie sind wir etwas mehr mit exponentiellen Entwicklungen vertraut geworden. Die wirkliche Dimension wird aber nach wie vor unterschätzt. Zur Untermauerung dient folgende Legende: Der Erfinder des Schachspiels hatte einen Wunsch frei. Er wünschte sich von seinem König folgende vordergründig sehr bescheidene Belohnung: Für das erste Feld des Schachbrettes ein Korn, für das zweite zwei Körner, für das dritte vier Körner und bei jedem weiteren Feld doppelt so viele wie auf dem vorherigen Feld. Dieser Wunsch war jedoch nicht erfüllbar. 2^64 entspricht etwa 18 Trillionen Weizenkörnern, oder rund 100 Milliarden Lkw-Ladungen Getreide, was mit sämtlichen Halterernten seit Beginn des Getreideanbaus nicht abdeckbar wäre.[81] Die Legende bringt anschaulich die Begrenztheit unseres linearen Denkens zum Ausdruck.

Eine wesentliche Rolle spielen positive und negative Rückkoppelungen. Positive Rückkoppelungen wirken selbstverstärkend (mehr führt zu mehr). Sie sind zwar für einen Start oder für ein Abbremsen wichtig, jedoch auf Dauer schädlich. Negativen Rückkoppelungen wirken hingegen stabilisierend (mehr führt zu weniger). Beide Arten sind für die Selbststeuerung von Systemen (Regelung) unverzichtbar [vgl. Vester (2011), Meadows (2010)]. Bei der Digitalisierung führen etwa positive Rückkopplungen zu Netzwerkeffekten: ”The winner takes it all.“[82] Das bedeutet, dass erfolgreiche Lösungen/Unternehmen immer größer und mächtiger werden und andere kaum mehr eine Chance haben. Außer, es gibt eine disruptive neue Lösung, die das Alte ablöst.

Durch den Netzwerkeffekt, auch als Matthäus-Effekt[83] bezeichnet, wird eine in Ökosystemen unverzichtbare Diversität verhindert. Es entstehen Monokulturen, die wiederum Störungsanfälliger werden. Unser Wirtschaftssystem bzw. das verfolgte Wachstumsparadigma führt dazu, dass in vielen Bereichen nur sehr kurzfristig und auch kurzsichtig geplant und gehandelt wird. Besonders nachteilig wirken sich dabei Kennzahlen und Boni für kurzfristige Erfolge aus. Diese verleiten dazu, den Betrachtungshorizont massiv einzuschränken und so viel wie möglich mess- und standardisierbar zu machen. Dabei werden systemische Aspekte gerne übersehen oder vernachlässigt, da sich diese häufig nicht in Zahlen fassen lassen [vgl. Dueck (2015)]. Auch in der Politik neigt man zu Aktionismus. Statt Probleme bei den Wurzeln anzupacken, werden gerne Symptome behandelt. Derartige Vorgehensweisen scheinen kurzfristig erfolgversprechend, da sie meist schnell anzuwenden sind, verschlimmern aber das eigentliche Problem langfristig, während fundamentale Lösungen kurzfristig oft Nachteile bringen und sich erst langfristig als vorteilhaft herausstellen, was als „Quick and Dirty-Lösungen“ bezeichnet wird [vgl. Ossimitz (2006)].

Menschliches Handeln wird immer von evolutionär geprägten Mustern geleitet: Wir neigen etwa dazu, lieber kurzfristige Erfolge als einen langfristigen Mehrwert in Kauf zu nehmen. In der Psychologie wird dafür der Begriff „Belohnungsaufschub“

---

80 Übersetzungsrisiken: Ein Fall für die Portokasse? https://docplayer.org/78716262-Uebersetzungsrisiken-ein-fall-fuer-die-portokasse.html. Zugriff am 20.04.2022.

81 Vgl. Schachbrett und Reiskörner. http://www-hm.ma.tum.de/ws1213/lba1/erg/erg07.pdf. Zugriff am 20.04.2022.

82 Vgl. The Winner takes it all: Marktkonzentration bei digitalen Plattformen. https://blog.iao.fraunhofer.de/the-winner-takes-it-all-marktkonzentration-bei-digitalen-plattformen. Zugriff am 20.04.2022.

83 „Denn wer da hat, dem wird gegeben, dass er die Fülle habe; wer aber nicht hat, dem wird auch das genommen, was er hat.“

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



verwendet. Dabei wird auf eine unmittelbare (anstrengungslose) Belohnung zu Gunsten einer größeren Belohnung in der Zukunft verzichtet, die allerdings entweder erst durch Warten oder durch vorherige Anstrengung erlangt werden kann. Leider ist dieses Phänomen in vielen Bereichen zu beobachten, etwa auch bei politischen Entscheidungsträgern. Was evolutionär sinnvoll war, stellt heute häufig einen langfristigen Nachteil dar.

Ganz zentral ist auch, dass der Kollaps von komplexen Systemen kein Fehler, sondern ein Systemdesignmerkmal ist. [vgl. Bardi (2017)]. Die Natur nutzt dieses Merkmal zur Weiterentwicklung („Evolution"). In der Wirtschaftstheorie wird dies als „Schöpferische Zerstörung" bezeichnet [Schumpeter (2012). Neues kann sich häufig erst dann entfalten, wenn das Alte zerstört worden ist. Eine Vorgangsweise, die bei unserer wichtigsten Lebensader, der Stromversorgung, eine unverantwortliche Vorgangsweise wäre. Werden jedoch die aktuellen Entwicklungen im europäischen Verbundsystem betrachtet, könnte leicht der Schluss gezogen werden, dass genau das passiert.

Die steigende Vernetzung begünstigt systemische Risiken, mit denen wir bisher kaum umgehen können.

Systemische Risiken

Systemische Risiken weisen wesentliche Erkennungsmerkmale auf [vgl. Renn (2014)]:

- Es bestehen ein hoher Vernetzungsgrad und viele Abhängigkeiten und Wechselwirkungen („Interdependenzen") zu anderen Systemen.
- Störungen können sich fast ungehindert im System und über (System-)Grenzen hinweg ausbreiten (grenzüberschreitende Auswirkungen).
- Durch Rückkoppelungen kommt es zu zufälligen und nicht-linearen Ursache-Wirkungsketten und kleine Ursachen können große Wirkung erzeugen („Schmetterlingseffekt", stochastische Ursache-Wirkungsketten, Kipppunkte).
- Die Auslöser und Auswirkungen werden systematisch unterschätzt.

Damit widersprechen systemische Risiken häufig dem intuitiven Verständnis von plausiblen Handlungszusammenhängen. Besonders drastisch ist das bei der fortschreitenden Klimakrise zu beobachten, wo das Problem seit zumindest 50 Jahren bekannt ist [vgl. Meadows (1973)]. Auch die Finanzkrise 2007 lässt sich auf ein systemisches Versagen zurückführen [vgl. Renn (2014), Taleb (2012)]. Daher besteht bei systemischen Risiken generell ein Sicherheits- bzw. Verletzlichkeitsparadox.

Systemische Risiken führen zu *High Impact Low Probability* (HILP)-Ereignissen, die auch als „Schwarze Schwäne" [vgl. Taleb (2012), Taleb (20135)], Extremereignisse („X-Events") [vgl. Casti (2012), Casti et al. (2017)] oder strategische Schocks bezeichnet werden. Hier scheitern unsere bisher erfolgreichen Risikobewertungsmethoden, da sich diese auf vergangene Ereignisse („Evidenz") fokussieren. Daher werden hier neue Denkansätze und Herangehensweisen benötigt [vgl. Taleb (2013), Erben et al. (2016), Weik (20102)].

Falsche Methoden

Die bisherigen Sicherheits- und Risikobetrachtungen fokussieren sich auf bekannte und bereits erlebte Szenarien und Hypothesen. Dazu passende Wahrscheinlichkeits- und Restrisikoberechnungen tendieren dazu, seltene, aber mit extremen Auswirkungen behaftete Ereignisse auszublenden und zu vernachlässigen. Die potenziellen Wechselwirkungen werden meistens unterschätzt.

Besonders brisant sind die Entwicklungen im Bereich der Kritischen Infrastruktur (KRITIS), von denen unser Gemeinwesen völlig abhängig ist. Durch immer aufwendigere und undurchsichtigere technische Lösungen und durch die steigende Vernetzung schaffen wir immer größere Verwundbarkeiten, ohne uns dessen bewusst zu sein. Dabei suggerieren einfache Oberflächen oder eine einfache Netzwerkverbindung Einfachheit.

Ein weiterer Fallstrick ist, dass in den letzten Jahrzehnten in unserer mitteleuropäischen Gesellschaft sehr stabile und konstante Verhältnisse erlebt werden durften. Daher fehlt ein Bewusstsein, dass die gesamte Menschheitsgeschichte und auch heute noch der Großteil der Welt von Variabilität und zyklischen Entwicklungen gekennzeichnet war und ist. Wir haben in den vergangenen Jahren fast überall wichtige Auffangnetze reduziert, was uns gegenüber größeren Störungen anfälliger macht.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Ob dies den Finanzsektor, die Energie- und Rohstoffversorgung, das europäische Stromversorgungssystem, eine Pandemie oder auch die möglichen Auswirkungen der Klimakrise betrifft, es gibt eine Vielzahl an potenziellen Ereignissen, die unsere Gesellschaft verwundbar machen. Dabei sind in Anbetracht der möglichen Konsequenzen und der gesellschaftsverändernden Auswirkungen Wahrscheinlichkeiten irrelevant [vgl. Mukerji et all. (2020)].

Die Konsequenzen sind umso schwerwiegender, je seltener ein Ereignis eintritt, und desto schwieriger ist eine analytische Einschätzung. Entscheidend ist nicht, dass jemand ein Ereignis „vorhergesagt" hat, sondern dass diese „Vorhersage" mit Konsequenzen verbunden war. Daher ist es notwendig, dass Systeme und ihre Fragilität analysiert werden und nicht Einzelereignisse oder einzelne Elemente eines Systems [vgl. Taleb (2013)]. Eine Vorgangsweise, die noch weitgehend unüblich ist.

Betriebswirtschaftliche Optimierung und Effizienzsteigerung

Während viele Probleme in der Cyber- und IT-Sicherheit ungelöst sind, oder durch ständig neue überholt werden, schreitet die technische Vernetzung unaufhaltsam voran. Wesentliche Treiber sind dabei betriebswirtschaftliche Überlegungen und der Druck zur Effizienzsteigerung. Dabei wird leicht übersehen, dass ein Widerspruch zwischen Effizienzsteigerung und Systemsicherheit besteht. Betriebswirtschaftliche Optimierungen und Effizienzsteigerungen machen durchaus Sinn, solange sie nicht zum Selbstzweck oder zu einer reinen Renditenbeschaffung werden.

In vielen Bereichen sind wir jedoch bereits dort angelangt: Immer häufiger werden für die Systemsicherheit wichtige Redundanzen und Reserven eingespart, da diese betriebswirtschaftlich „totes Kapital" darstellen. Auch beim Fachpersonal wird der Sparstift angesetzt. Immer weniger haben immer mehr zu tun. Die Fehleranfälligkeit und damit die Verwundbarkeit steigen in Systemen die auf Dauer mehr als 80 Prozent ausgelastet werden [vgl. Dueck (2015)]. Werden die negativen Folgen sichtbar, ist es meist bereits zu spät. Irreversible oder kostenintensive Schäden sind die Folge.

Kritische Infrastruktur und strategische Schocks

Diese Entwicklungen können fast überall beobachtet werden, so auch im Bereich der Kritischen Infrastrukturen. Gleichzeitig führt die zunehmende Vernetzung, etwa Stichworte wie „Digitalisierung", „Smart-Metering", „Smart-Grid", „Industrie 4.0" oder „Internet of Things" dazu, dass immer mehr bisher getrennte Domänen miteinander verbunden und damit wechselseitig abhängig gemacht werden.

Ohne Strom- und Telekommunikationsinfrastruktur geht heute so gut wie gar nichts mehr, oft nicht einmal die Wasserversorgung. Eine europäische Großstörung im Stromversorgungssystem („Blackout") würde innerhalb weniger Tage zu einem gesellschaftlichen Kollaps führen, wie etwa eine Studie des Deutschen Bundestages zum Schluss kommt [vgl. Petermann (2010) und Kapitel 39].

Wir sind gesellschaftlich vollkommen verwundbar, ohne dass uns das Bewusst ist. Notwendige Notfall- und Krisenpläne sind kaum vorhanden. Störungen werden weitgehend ausgeschlossen oder gelten in vielen Bereichen als unvorstellbar. Das galt auch für eine Pandemie oder einen Krieg in Europa.

Sicherheitslösungen

Den steigenden Herausforderungen durch die zunehmende IT-Vernetzung im Infrastrukturbereich möchte man mit entsprechenden Sicherheitslösungen begegnen. Die Frage, warum Lösungen, die bisher im IT-Umfeld nur bedingt erfolgreich waren, im Bereich der Kritischen Infrastruktur mit „more or less the same" besser funktionieren sollten, bleibt häufig unbeantwortet.

Hinzu kommt, dass im Bereich der Steuerung und Automatisation von Infrastrukturen völlig andere Lebenszyklen als in der klassischen IT-Welt zu beobachten sind. Diese sind deutlich länger. Die Infrastruktur müsste daher zukünftig permanent erneuert werden, was zusätzliche Verwundbarkeiten schafft [vgl. Grüter (2013)]. Infrastruktursysteme können nicht einfach nach einem Update neugestartet werden. Sie müssen oft über Jahre ununterbrochen funktionieren und verfügbar sein. Hier prallen gänzlich unterschiedliche Welten und Philosophien aufeinander. Denn es geht nicht nur um die IT-Infrastruktur oder Software, sondern um die dahinterliegenden Systeme, die damit gesteuert werden.

Eine Warnung sollten auch die zahlreichen erfolgreichen Angriffe gegen die Sicherheitsindustrie sein. Menschen und vor allem Kriminelle sind sehr kreativ: Wenn sich abzeichnet, dass sich der Aufwand lohnen könnte, werden entsprechend hohe

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Ressourcenaufwände eingesetzt. Heutige Angreifer verfügen über eine sehr professionelle „Unternehmensstruktur“ und Infrastruktur, um dies sehr professionell anzugehen. Unzählige Beispiele zeugen davon.

Das Bewusstsein um die Bedrohungen aus dem Cyberbereich ist in den letzten Jahren durch immer umfangreichere und schlimmere Angriffe deutlich gestiegen. Dennoch stellen diese nur einen Teil der tatsächlichen Bedrohungen für unsere Infrastrukturen dar. Störungen können in vernetzten Systemen durch viele Ereignisse ausgelöst werden. Softwarefehler, Naturereignisse, menschliches Versagen, aber auch exotisch anmutende Ereignisse wie Sonnenstürme können zu weitreichenden Folgen führen. Es geht daher längst nicht nur um Angriffe, wie meist vordergründig diskutiert wird.

Wir sind als Gesellschaft durch die Abhängigkeiten von der Kritischen Infrastruktur massiv verwundbar. Das war auch bisher so. Neu ist, dass die Reichweite von Störungen und die Geschwindigkeit der Ausbreitung in vernetzten Systemen exponentiell zugenommen haben. Dies konnte erstmals 2007 durch die geplatzte amerikanische Immobilienblase beobachtet werden. Kaum jemand hatte die darauffolgenden globalen Schockwellen im Finanz- und Wirtschaftssystem am Radar, geschweige für möglich gehalten [vgl. Renn (2014)]. Haben wir ausreichend dazugelernt? Wohl eher nicht. Es wäre daher blauäugig, diese Tatsachen beiseitezuschieben. Denn die meisten Unternehmen und insbesondere unsere Logistikketten hängen ganz wesentlich von der Verfügbarkeit dieser Infrastrukturen ab. Und somit die gesamte Gesellschaft

Systemdesign

In der Natur ist alles Lebendige ein komplexes System mit einer sehr langen Entwicklungs- und Erfolgsgeschichte. Grund genug, um von ihr zu lernen. In wenigen Worten lässt sich ein lebensfähiges Systemdesign und eine evolutionäre Weiterentwicklung an folgenden Eckpunkten festmachen:

- Reduktion des Energie- und Ressourcenbedarfs sowie Einfachheit, um die Abhängigkeiten zu senken.
- Dezentrale Steuerung bzw. Regelung, also keine verwundbare zentrale Steuerung.
- Erhöhung der Fehlerfreundlichkeit und Fehlertoleranz sowie Diversität, um besser mit sich verändernden Rahmenbedingungen umgehen zu können.

Die Natur verhindert nicht die Interaktion zwischen den Wesen. Eine zelluläre Struktur begrenzt jedoch die Reichweite und sichert und verbessert die Überlebensfähigkeit bei Störungen. Dieses Modell sollte auch bei unseren technischen und sozialen Strukturen wieder stärker in den Fokus rücken.

Damit können Abhängigkeiten deutlich reduziert und die Widerstandsfähigkeit und die erforderliche Anpassung („Resilienz“) von Systemen deutlich erhöht werden. Kein Fehler darf sich auf das gesamte System negativ auswirken können.

Zellulare Strukturen und Regelkreise, wie sie etwa bereits in der Automatisierungstechnik zum Einsatz kommen, sind gefragt. Viele derzeitige Konzepte, wie die massive Erhöhung der zentralisierten Vernetzung (Stichwort: Smart …), widersprechen diesem Ansatz und führen zu einer unkalkulierbaren Verwundbarkeit.

Risiko und Sicherheit versus Robustheit und Resilienz

Daher ist es erforderlich, neue Blickwinkel auf das Thema „Sicherheit“ zu werfen. Während unsere bisherigen Sicherheits- und Risikobetrachtungen zur Vorsicht mahnen, fordert der Robustheitsansatz zur Stärke auf. Um die Zuverlässigkeit eines Systems beurteilen zu können, ist eine Risikobeurteilung nur bedingt hilfreich, da diese auf definierte und bekannte Einzelszenarien basiert oder Risiken in Einzelteile zerlegt und analysiert („kompliziert“). Systemische Risiken und wechselseitige Abhängigkeiten („Interdependenzen“) werden dabei häufig vernachlässigt. Die Feststellung, ob ein System grundsätzlich fragil oder robust ist, lässt jedoch auf eine generelle Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen jeglicher Art schließen. Denn während Risiken und Sicherheit hypothetisch sind, sind die Fragilität und Robustheit eines Systems messbar.

Mit der Komplexität steigt auch die Variabilität des Systemverhaltens. Daher ist es notwendig, dass ein System aber auch die Gesellschaft selbst mit möglichst vielen unbekannten Situationen und Störungen umgehen können. Das erfordert komplementäre Denkansätze, denn Resilienz bedeutet nicht nur Widerstandsfähigkeit, sondern auch Anpassungs- und Lernfähigkeit, um rechtzeitig aus Störungen zu lernen. Im besten Fall sogar vor einem möglichen Schaden. Leider herrscht aber noch häufig das evolutionäre Muster „Lernen aus Schaden“ vor, was in unserer heutigen hochvernetzten und wechselseitig abhängigen Welt keine taugliche Methode mehr ist. Ganz im Gegenteil.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Resilienz erfordert die Fähigkeit, altbewährtes loslassen zu können, wenn sich die Rahmenbedingungen geändert haben, um wieder frei Ressourcen für Neues zu schaffen.[84] Wir neigen jedoch zum Gegenteil: Immer mehr Auflagen und Absicherung, was absehbar schief geht. Das ist etwa bei der steigenden Vorschriftenflut zu beobachten. Es bleiben kaum mehr Ressourcen für die eigentliche Arbeit oder Handlungsspielräume, um Neues ausprobieren zu können. Daher erfolgt häufig ein Kollaps, wenn sich ein System nicht von innen heraus erneuern kann [vgl. Casti (2012)].

Zusammenfassung

Mit der steigenden Vernetzung und Digitalisierung entstehen immer größere komplexe Systeme und systemische Risiken mit oft wenig beachteten Nebenwirkungen. Wir laufen daher mit unserem bisher erfolgreichen linearen Denken Gefahr, durch die Nebenwirkungen der Komplexität überrascht zu werden und falsch zu reagieren.

Besonders kritisch ist die zunehmende Komplexitätslücke zwischen den Wunschvorstellungen aus der Politik und dem Markt auf der einen Seite und der physikalischen technischen Realität auf der anderen Seite zu betrachten. Werden derartige Komplexitätslücken nicht bewusst reduziert, kommt es zum Systemkollaps [vgl. Casti (2012)]. Eine derartige Tendenz ist derzeit klar zu beobachten.

Während der Markt nach immer größeren Einheiten und überregionalem Austausch und Handel strebt, ist die Energiepolitik per Definition eine nationale Angelegenheit, wo viele Länder in unterschiedliche Richtungen gehen. Ein System ist jedoch mehr als die Summe der Einzelteile, was leider häufig übersehen wird. Hinzu kommt, dass in Krisenzeiten wie wir sie gerade erleben die Politik dazu neigt, einen gefährlichen und oft nur kurzsichtigen Aktionismus zu betreiben („Quick and Dirty-Lösungen“). Mangels Vorbereitung und Vorsorge fehlen häufig auch noch die Neben- und Langfristfolgenabschätzungen. Eine gefährliche Kombination.

Wie sich in der Coronakrise gezeigt hat, stellt sich in übergreifenden und gesellschaftsbedrohenden Krisen rasch ein reduzierter nationaler Fokus ein und die Solidarität beginnt zu bröckeln. Umso wichtiger wäre es daher, wieder entsprechende Rückfallebenen zu schaffen, um zumindest eine rudimentäre nationale (Not-)Versorgung auch während größerer Krisen sicherstellen zu können. Das betrifft sowohl die Lebensmittelversorgung als auch etwa die Energieversorgung, was wiederum dezentrale funktionale Einheiten („Energiezellen“) erfordern würde.

Wie schlecht wir hier vorbereitet sind, hat uns nicht nur die Coronakrise gezeigt, sondern zeigen auch die aktuellen hektischen Bemühungen, Krisenpläne für eine mögliche Gasmangellage oder Lebensmittelkrise zu erstellen. Viel zu spät.

Das Wissen um die potenziellen Schattenseiten ermöglicht daher eine rechtzeitige Anpassung und Weiterentwicklung im Umgang mit diesen Phänomenen. Werden diese ignoriert, drohen schwer Schäden. Es ist daher an der Zeit, durchaus vorhandene Überlegungen und Pläne in die Tat umzusetzen oder alte Konzepte zu reaktivieren und an die neuen Rahmenbedingungen anzupassen,[85] um als Gesellschaft möglichst rasch krisenfit zu werden.

---

[84] Vgl. „Weniger ist mehr“ fällt schwer. https://science.orf.at/stories/3205880. Zugriff am 20.04.2022.

[85] Vgl. etwa Bundeskanzleramt. 1985. Landesverteidigungsplan. Österreichische Staatsdruckerei (Wien).

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Literaturverzeichnis

Als Basis für diese umfassende systemische Betrachtung standen zahlreiche Autoren Pate: https://www.saurugg.net/ueber-mich/literaturliste

ACPP (Austrian Corona Panel Project). 2021. Krisenvorsorge: Die österreichische Bevölkerung setzt auf den Staat, weniger auf Eigenvorsorge. https://viecer.univie.ac.at/corona-blog/corona-blog-beitraege/blog114/. Zugriff am 20.04.2022.

APCC (Austrian Panel on Climate Change). 2014. Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014. https://austriaca.at/APCC_AAR2014.pdf. Zugriff am 20.04.2022.

BMLV (Bundesministerium für Landesverteidigung). 2019. Sicher. Und morgen? Sicherheitspolitische Jahresvorschau 2020. BMLV (Wien). https://www.bundesheer.at/wissen-forschung/publikationen/publikation.php?id=991. Zugriff am 20.04.2022.

BMLV (Bundesministerium für Landesverteidigung). 2021. Sicher. Und morgen? Sicherheitspolitische Jahresvorschau 2021. BMLV (Wien). https://www.bundesheer.at/wissen-forschung/publikationen/publikation.php?id=1074. Zugriff am 20.04.2022.

BMLV (Bundesministerium für Landesverteidigung). 2022. Sicher. Und morgen? Sicherheitspolitische Jahresvorschau 2022. BMLV (Wien). https://www.bundesheer.at/wissen-forschung/publikationen/publikation.php?id=1118. Zugriff am 20.04.2022.

Bundesrechnungshof. 2021. Umsetzung der Energiewende im Hinblick auf die Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit bei Elektrizität. Bundesrechnungshof (Bonn).

Casti, John. 2012. Der plötzliche Kollaps von allem: Wie extreme Ereignisse unsere Zukunft zerstören können. Piper Verlag GmbH (München).

Casti, John und Jones, Roger D. und Pennock, Michael J. 2017. Confronting Complexity - X-Events, Resilience, and Human Progress. The X-Press

CSH (Complexity Science Hub Vienna). 2020. CSH Policy Brief: Wie robust sind die österreichischen Lieferketten?. https://www.csh.ac.at/wp-content/uploads/2020/06/CSH-Policy-Brief-Lieferkette-final.pdf. Zugriff am 20.04.2022.

CSH (Complexity Science Hub Vienna). 2022. CSH Policy Brief: How the war in Ukraine might affect global food supply. https://www.csh.ac.at/wp-content/uploads/2022/03/CSH-Policy-Brief-2-2022-How-the-war-in-Ukraine-might-affect-global-food-supply.pdf. Zugriff am 20.04.2022.

Dueck, Gunter. 2015. Schwarmdumm: So blöd sind wir nur gemeinsam. Campus Verlag (Frankfurt am Main).

ENTSO-E. 2015. Report on Blackout in Turkey on 31st March 2015. https://www.entsoe.eu/Documents/SOC%20documents/Regional_Groups_Continental_Europe/20150921_Black_Out_Report_v10_w.pdf. S 46. Zugriff am 20.04.2022.

Erben, Roland/Romeike, Frank. 2016[3]. Allein auf stürmischer See: Risikomanagement für Einsteiger. Wiley (Leipzig).

Grüter, Thomas. 2013. Offline!: Das unvermeidliche Ende des Internets und der Untergang der Informationsgesellschaft. Springer-Verlag (Heidelberg).

ITA (Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften). 2017. Digitaler Stillstand: Die Verletzlichkeit der digital vernetzten Gesellschaft – Kritische Infrastrukturen und Systemperspektiven. ITA (Wien). ISSN: 1819-1320.

ITA (Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften) und AIT (Austrian Institute of Technology Innovation Systems Department). 2022. Sichere Stromversorgung und Blackout-Vorsorge in Österreich. Entwicklungen, Risiken und mögliche Schutzmaßnahmen. Österreichisches Parlament (Wien).

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at



Kleb, Ulrike und Katz, Nicholas und Schinagl, Clemens und Angermann, Anna. 2015. Risiko- und Krisenmanagement für die Ernährungsvorsorge in Österreich (EV-A). https://www.joanneum.at/fileadmin/user_upload/imported/uploads/tx_publicationlibrary/Risiko-_und_Krisenmanagement_fuer_die_Ernaehrungsvorsorge__EV-A_.pdf. Zugriff am 20.04.2022.

Lotter, Wolf. 2020. Zusammenhänge: Wie wir lernen, die Welt wieder zu verstehen. Edition Körber (E-Book).

Meadows, Donella H. 2010. Die Grenzen des Denkens - Wie wir sie mit System erkennen und überwinden können. oekom verlag (München).

Meadows, Dennis. 1973. Die Grenzen des Wachstums: Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Rowohlt Taschenbuch Verlag (Hamburg).

Mukerji, Nikil und Mannino Adriano. 2020. COVID-19: Was in der Krise zählt. Über Philosophie in Echtzeit. Reclam (Ditzingen).

Ossimitz, Günther und Lapp, Christian. 2006. Systeme: Denken und Handeln; Das Metanoia-Prinzip: Eine Einführung in systemisches Denken und Handeln. Franzbecker (Berlin).

Paulitz, Henrik. 2020. Strom-Mangelwirtschaft: Warum eine Korrektur der Energiewende nötig ist. Akademie Bergstraße (Seeheim-Jugenheim).

Petermann, Thomas und Bradke, Harald und Lüllmann, Arne und Poetzsch, Maik und Riehm, Ulrich. 2010. Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen und langandauernden Ausfalls der Stromversorgung. Bundestag (Berlin).

Renn, Ortwin. 2014. Das Risikoparadox: Warum wir uns vor dem Falschen fürchten. Fischer Verlag (Frankfurt am Main).

Saurugg, Herbert. 2012. Die Netzwerkgesellschaft und Krisenmanagement 2.0: Durch aktive Systemgestaltung zu einer nachhaltigen Zukunft. Masterarbeit (Wien).

Schumpeter, J. A. 1912. Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Duncker & Humblot (Berlin).

Servigne Pablo, Stevens Raphael, Brown Andrew. 2020. How Everything Can Collapse. A Manual for our Times. Polity Press (Cambridge E-Book),

Taleb, Nassim Nicholas. 2012. Der Schwarze Schwan: Konsequenzen aus der Krise. Deutscher Taschenbuch Verlag (München),

Taleb, Nassim Nicholas. 2013. Antifragilität: Anleitung für eine Welt, die wir nicht verstehen. Albrecht Knaus Verlag (München).

Taleb, Nassim Nicholas. 20135. Der Schwarze Schwan: Die Macht höchst unwahrscheinlicher Ereignisse. Deutscher Taschenbuch Verlag (München).

Thurner, Stefan. 2020. Die Zerbrechlichkeit der Welt: Kollaps oder Wende. Wir haben es in der Hand. edition a GmbH (E-Book).

Vester, Frederic. 20118. Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Ein Bericht an den Club of Rome. Deutscher Taschenbuch Verlag (München).

Weick, Karl E. Sutcliffe und Kathleen M. 20102. Das Unerwartete managen: Wie Unternehmen aus Extremsituationen lernen (Systemisches Management). Schäffer-Poeschel (Stuttgart).

Autor

Herbert Saurugg ist internationaler Blackout- und Krisenvorsorgeexperte, Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge (GfKV), Autor zahlreicher Fachpublikationen sowie gefragter Keynote-Speaker und Interviewpartner zum Thema „ein europaweiter Strom-, Infrastruktur- sowie Versorgungsausfall (‚Blackout')". Er beschäftigt sich seit 10 Jahren mit der steigenden Komplexität und Verwundbarkeit lebenswichtiger Infrastrukturen sowie mit den möglichen Lösungsansätzen, wie die Versorgung mit lebenswichtigen Gütern wieder robuster gestaltet werden kann. Unter www.saurugg.net betreibt er dazu einen umfangreichen Fachblog und unterstützt Gemeinden, Unternehmen und Organisationen bei der Blackout-Vorsorge.

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
► +43 660 3633896 ► herbert.saurugg@gfkv.at

Österreichische Gesellschaft für Krisenvorsorge
Unterreit 23/5, 5751 Maishofen | IBAN: AT95 3503 5000 0011 8125
► www.gfkv.at ► kontakt@gfkv.at